



COMPUTATIONAL MECHANICS

計算力学部門ニュースレター No.35

November, 2005

トピックス



進化的計算に関する国際会議（GECCO 2005）報告

廣安知之
同志社大学 工学部 知識工学科

進化的計算（Evolutionary Computation: EC）は遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithm: GA）や遺伝的プログラミング（Genetic Programming: GP）に代表されるような生物の遺伝と進化を模擬した計算手法である。近年、GAやGPにとどまらず、多くのECに関連した手法が提案されており、精力的に基礎研究からその応用まで幅広く活発に研究・開発が行われている。そのECに関する代表的かつ最も重要な国際会議の一つがGECCO（Genetic and Evolutionary Computation Conference）である。GECCOは毎年1回、6月末から7月の初旬に米国で開催されており、Genetic Programming Conference（GP）やInternational Conference on Genetic Algorithms（ICGA）などを統合した国際会議である。前述したGAやGP、evolution strategies（ES）、evolutionary programming（EP）、learning classifier systems（LCS）、evolvable hardware（EH）、real-world applications（RWA）、evolutionary robotics、artificial life、and adaptive behavior（ER-AL-AB）、ant colony optimization and swarm algorithms（ACO-SW）、biological applications（BIO）、Coevolution（COEV）、Artificial Immune System（AIS）などカバーする範囲はEC全般にわたる。

2005年は、6月25日から29日の期間にかけて米国、Washington, D.C.のLoeews L'Enfant Plaza Hotelにて開催された。これまでのGECCOはISGECが主催していたが、今年からISGECがACMの部門の一つのSIGEVOとなったためACMが主催することとなり予稿集もACMが発行するという大きな変化があった。

発表は13セッション並列で3日間、開催された。ICGAの時代からご存知の方であれば、GECCOも肥大化しすぎたという感想をお持ちかもしれないが、それでもその発表の質と会議での活発な質疑応答を支えているのは、50%未満に抑えられている採択率であろう。年々、投稿数が多くなりプログラムコミッティーや査読者は大変であるが、ECの特徴の一つである淘汰をかけることによりその会議の質が維持されているのである。また、参加者の増加や会議の盛り上がりを考慮して、チュートリアルやワークシ

ョップの開催、レイトブレイキングペーパーの募集、学生の補助、ポスターセッションの開催など積極的に企画を行っている。

毎年、この学会に参加して感じることは日本人の研究者の質の高さである。50%を切る採択率とはいえ、論文の表現力だけで採択された感のある研究もいくつか見られる。それに対して、日本人の研究は非常にテーマも興味深く、質の高いものが多い。是非国内でも学会横断的な議論の場ができれば、EC関連の研究に大きく寄与できるものと考えられる。

最近、日本の若年層の理科系離れや技術の低下が懸念されている。研究も総合的な場での議論も必要であろうが、近年、個々の技術が進歩しているため、有意義な議論を行うためには、狭い範囲でのグループでの議論がどうしても必要であろう。EC関連の研究で言えば、まず過去の文献調査の対象となるのがこのGECCOであろう。来年は、7月8日から12日の日程で米国、Seattleで開催される。ECの研究されている計算力学部門の所属の研究者のみなさんも是非投稿されてはいかがであろうか。



ポスターセッションの様子

HPCに関する国際会議 (SC2004) 報告

廣安知之

同志社大学 工学部 知識工学科

SC 2004 High Performance Networking and Computing Conference (SC 2004) が2004年11月6日から12日まで、"Bridging Communities"をテーマに米国ピッツバーグで開催された。SC 2004はハイパフォーマンスコンピューティング、ネットワーク、ストレージなどに関する国際会議の一つであるが、8000人ほどが登録する巨大な会議であり、通常の講演会だけでなく、企業・研究所・大学の展示、パネルディスカッション、チュートリアルやワークショップなど多くのイベントが開催され、この国際会議に参加することで、今年の1年の総括とこれからの1年のトレンドを把握することができる。世界のスーパーコンピュータのランキングであるTOP500 SUPERCOMPUTER SITESのリストもこの国際会議の期間中に年に2度のうちの1回が公表される。

SC2004での大きな話題はついに地球シミュレータが前述したTOP500 SUPERCOMPUTER SITESのリストにおいてその1位の座を明け渡したことであろう。Top500のリストはLinpackと呼ばれるベンチマークの結果のランキングであるが、日本の地球シミュレータは2002年に登場してから2年あまりその1位の座を死守していた。近年のコンピュータの進歩を考えると超異例なことである。それがついに2台のマシンが地球シミュレータの上に位置したのである。第1位となったのは、IBMのBlueGene/Lである。地球シミュレータの実行性能が35TFlopsなのに対してBlueGene/Lの実行性能は70TFlopsであるモンスターマシンとなった。しかしながらIBMの展示ブースではそのBlueGene/Lの筐体が飾ってあったもののそれほど派手にはアピールしていなかった。実は今回、IBMは4位にもBladeCenter JS20から構成されるスーパーコンピュータをスペインのバルセロナに納品してランキングされているのであるが、こちらのJS20は展示ブースでもほんの数ノードしか展示しておらずぞんざいな扱いであった。これは、来年にはさらに飛躍的なマシンを発表していくという自信の表れであろうか。

昨年の展示ブースでは、アプリケーションのビジュアライゼーションや10Gのネットワークなどの新しい製品が目についたが、今年は新しい製品が目につくというよりも、それらのビジュアライゼーションのための3Dの装置やソフトウェア、10Gネットワーク、FPGAなどが実際に使われている汎用製品として定着

している感じを受けた。4wayや8wayのOpteronのマシンやHyperTransportを使ってCPUとダイレクトに接続するネットワークなどバリエーションが広がっていた。ちなみに、プラズマディスプレイや大型液晶モニターが展示ブースで多く使われていた。また、これまでのSCの展示といえば、大型のストレージやスーパーコンピューティングの展示が目玉であった。一方でSC2004で目についたのは、スーパーコンピュータやPCクラスタを構成する部品・パーツを展示する業者が増加したことである。一応、HPCをターゲットとしているがPCのパーツ展示と変わらないブースが増えていたのである。マザーボード、メモリ、ネットワークなどなど。ラックだけを展示する会社やなんと電源だけを展示している台湾の会社も数社あった。確かにスーパーコンピュータや大型PCクラスタを供給するベンダーは次第に各汎用部品を統合するインテグレータとなっており、展示ブースでもそこで使用されている製品やソフトウェアの営業が説明する場面が多くなっていった。今後はますますこの傾向が強まり、もしかしたら将来のSCではパーツ見本市のような様相と化すことも考えられる。

なお、東京大学の小柳先生が毎年、SCの詳しいレポートを発表されており、SC2004は

<http://olab.is.s.u-tokyo.ac.jp/~oyanagi/reports/SC2004.html>にて閲覧可能である。



展示会場の様子

ACM SIGGRAPH 参加報告



茅 暁陽

山梨大学大学院 医学・工学総合研究部

四半世紀以上にもわたりコンピュータグラフィックス (CG)のメインストリームを生み出し続けてきたSIGGRAPH。その年次大会に参加する機会を得たので、簡単に報告させていただきたい。

SIGGRAPH2005は、本年7月31日から8月4日までロサンゼルスコンベンションセンターで開催された。SIGGRAPH (Special

Interest Group on Computer Graphics and Interactive Technology)は、米国計算機学会ACM (Association for Computing Machinery)に属する研究部会の一つであり、毎年夏に米国の各地で開催される年次大会は、論文発表だけでなく、映像フェスティバルや展示会も加わる、CGに関する世界最大規模の国際会議である。32回目を迎えたSIGGRAPH2005は、計81ヶ国から29,122名の参加があ

った。本稿では、筆者が参加した主要なイベントの概要を報告するとともに、SIGGRAPHを通して見たCGの最新動向にも触れることにする。

基調講演と授賞式

今年のSIGGRAPHのハイライトの一つは、映画「スター・ウォーズ」の作者兼監督として知られているジョージ・ルーカスによる基調講演であった。会場への入口にはX-ウィング・ファイターのレプリカも飾られ、コンピュータアニメーションフェスティバルやスペシャルセッションなどを通して、「スター・ウォーズ」が今年のメインテーマの印象を窺わせた。1995年にIndustrial Light & Magic (ILM) 社を設立して以来、ジョージ・ルーカスはCG特殊効果生成の新時代を切り開くことで、映画業界を大きく変貌させた。基調講演はインタビュー形式で行われ、冒頭で彼はこう語った：「私はコンピュータガイではない、ストーリーテラーだ。私はストーリーをより印象づけられる方法で観衆に伝えたい。観衆の心を掴んでストーリーに没入させるために、私は完璧なリアリティを追い求める。」

今後の展望について、彼は教育やテレビ、そしてアジアのデジタル技術市場の開発に、より力を注ぎたいと語った。SIGGRAPH開催の一ヶ月前に、彼はサンフランシスコ近郊にあるPresidioに、デジタルシネマやビデオゲーム、そしてアーティストがあらゆる想像を現実化できるようなデジタルツールを開発する総合施設 Letterman Digital Arts Center をオープンしたばかりであった。今後はそこに次世代のデジタルアーティスト学校も設立する予定だそうである。

この基調講演に先立って、CG界に多大な貢献をした方々に贈られる三賞の授賞式が行われた。まず、若手研究者を代表して Significant New Researcher Award がスタンフォード大学の Ron Fedkiw 氏に贈られた。彼の主要な貢献は、流体力学を応用した各種の物理現象のモデリング技術の確立である。これらは「スター・ウォーズ」の最新作にも利用されている。

続いて、Alias社のJos Stam氏にComputer Graphics Achievement賞が授与された。彼の自然現象の高速シミュレーションアルゴリズムの開発が高く評価されたのである。

そして最後に、東京大学の西田友是教授に対してSteven A. Coons Awardが贈られた。この賞は2年に一度、長年にわたりCG界に多大な貢献をしてきた方に贈られる斯界最高の賞であり、歴代12名の受賞者のなかには、SketchPadの生みの親であり、対話型CGの父とも呼ばれるIvan E. Sutherlandやルノー社で自由曲面設計分野を切り開いたPierre Bezierなど、CG界の巨人たちが居並んでいる。西田教授はアジアにおける最初の受賞者となった。1970年代から研究をスタートさせた彼は、まぎれもなく日本における現役CG研究のパイオニアの一人である。今回の受賞はラジオシティ法や自然光のレンダリング法に関する一連の功績を讃えたものである。ジョージ・ルーカスのインタビュー直前に行われた記念講演のなかで、彼は日本のCGの歴史について振り返り、今後もより多くの優秀なCG研究者を輩出できるように、日本の産業界におけるCG技術者に対する需要拡大の必要性を指摘していた。

Papers, Sketches, Posters

学術会議としてのSIGGRAPHのメインイベントは論文セッションに他ならない。SIGGRAPHで発表された論文の多くは直ちに国際的に注目され、これまでのCG研究開発のトレンドを創り出してきた。今年はスイス連邦工科大のMarkus Gross教授がプログラム委員長を務めた。米国以外の研究者がプログラム委員長となるのは初めての快挙であり、SIGGRAPHが真の国際化を迎えたことを物語っている。今年は461編の投稿のなかから、98編の論文が採択された。北京にあるマイクロソフトアジア研究センタ

ーをはじめ、中国や韓国などアジアからの論文数が急増している。日本からも3件が採録された。論文セッションに先立ち、各発表者が1分以内で内容を予告するFast-Forward Papers Previewが行われた。より多くの聴衆を獲得するために、ラップや歌、衣装など、研究者自らがさまざまな工夫を凝らしていたことが印象的であった。

筆者個人の見解ではあるが、今年の論文セッションに見るCG研究の最新動向として、次の2つが挙げられる。

1、物理モデルに基づく、より複雑でダイナミックな現象のシミュレーション

理工学分野では物理的な正確性が要求されるのに対して、CGではビジュアルな効果や対話性がより重要視される。そのため計算コストを抑え、目的とする効果に合わせて直感的な操作が可能となるように、従来の物理モデルを抽象化・簡略化して導入する共通アプローチが存在する。関連論文は、Fluid Simulation, Dynamics of Solids, Deformable Modelsの3セッションで発表された。代表的な論文として、前節で紹介した Significant New Researcher Award 賞の受賞のきっかけとなった“A Vortex Particle Method for Smoke, Fire and Explosions”が挙げられる。また、Computer Graphics Achievement賞を受賞したStam氏の主要な功績も、CG向けの高速Navier-Stokes方程式の高速解法の開発であった。

2、画像とビデオの処理

個人ユーザや映像製作現場で直面している、デジタル写真とビデオ処理におけるさまざまな問題を解決する技術が注目を浴びた。代表的な論文として、フォーカスの修正、ビデオパラノマの生成、およびフラッシュの使用による写真内のホットスポットの除去などが挙げられる。マルチメディア機器の普及やデジタル映像技術の発展により、このような処理技術の役割はますます重要になってくると考えられる。

その他の興味深い研究として、人間の視覚特性に基づくメッシュ生成法や3次元ボリュームデータのイラスト風可視化方法などの論文も挙げられる。

メインの論文セッションのほかに、最新のアイデアや研究成果を発表・交換する場として、スケッチとポスターセッションがある。特に去年から再スタートしたポスターセッションでは、会議期間を通じてポスターが展示されるため、研究をより多くの人に知ってもらい、意見交換ができるよい機会が得られる。ポスターが採録された学生は、ACMのStudent Research Competitionに自動的にエントリーされ、優勝者に旅費の一部がサポートされる。日本からも多くのポスターが採択され、数名の学生が勝ち残った。

Emerging Technology

最新のバーチャルリアリティ技術をユーザに体験してもらいながらデモンストレーションを行うEmerging Technologyブースでは今年32点の作品が展示された。そのうち60%が日本からの参加であった点は特筆できる。映像や触覚などを利用し、さまざまな仮想空間を創出するユニークなハードウェアやソフトウェアに加え、カーネギーメロン大学のEntertainment Technology Centerが製作した娯楽用ロボットQuasiが人気を呼んでいた。Quasiの外形や動作は3DモデリングソフトMayaを使用してデザインすることができる。質問やコメントに対するあまりにも自然でリアリスティックな答え方に思わず筆者も大ファンになってしまった。実際これならば、チューリングテストにも合格できるのではという感ささえた。印象に残ったもう一つのデモンストレーションは、さまざまなチップやセンサーを作り込んだファッションスカートで

ある。これらのスカートはネットワークに接続され、スカートを穿いている人間同士がさまざまな情報を共有することができる点で、ウェアブルコンピューティング時代の夢を与えてくれた。なお、今年初の試みとして、Emerging Technologyと次に紹介するアートギャラリーでは、日本語を含む多言語による2時間のツアーが用意されていた。

Art Gallery

アートギャラリーには1,100件の応募のなかから、審査委員の選考により選出した53作品が展示されていた。作品は、インタラクティブアート、インスタレーション、立体、静止画、映像と多岐にわたる。筆者が特に興味深いと思ったのは、株価や水源に関する情報をインターネット転送し、アーティストックな映像にリアルタイムでマッピングし可視化する試みである。

Computer Animation Festival

今年のコンピュータアニメーションフェスティバルには、世界27ヶ国から560作品の応募があり、そのなかから「Electronic Theater」では25作品、「Animation Theater」では43作品が選ばれた。日本からも5作品が選ばれている。今年のElectronic Theaterの特徴として、サイエンティフィックビジュアライゼーションや教育を目的とする作品が増えたことが挙げられる。これは今年のコンピュータアニメーションフェスティバルの主旨を反映した結果である。その参加応募には以下の記述があった。「SIGGRAPHはテクノロジーの会議である。私たちのルーツは、技術革新、サイエンティフィックビジュアライゼーション、メディカルイメージング、シミュレーションのなかにある。したがって今年は、拡大するリアルタイムグラフィックスの役割に加えて、これらのテクノロジー分野にも焦点をおくことにした。」

Courses

毎年圧倒的な量と質を誇る「Courses」。今年もIntroduction to SIGGRAPH and Computer Graphicsのようなごく初心者向けのモ

のから、3Dモデルからのイラストの生成や、布のシミュレーションとアニメーションなどの最新トピックスまで、合計39件の講習会が開かれた。最新技術に関して、関連分野の専門家から直接講義を受けることができ、当該分野の最新動向を知ることができる。

Exhibition

展示会にはコンピュータ、グラフィックスボード、各種入出力装置のメーカーからソフトウェア会社、映像プロダクションまで250以上の出展があった。たとえば触覚装置技術をリードしてきたSensAble Technologies社のClayTools Systemの体験コーナーは多くの見学者を引き寄せていた。このツールと触覚装置を利用することにより、3ds Max, Mayaなどの汎用モデリングシステム上で「仮想粘土」というメタファーによる3Dモデリングが可能となる。ユーザはオブジェクトを引き伸ばしたり、削ったり、表面を滑らかにしたり、粘土で形を作る感覚で、キャラクターの顔など、有機的な性質をもったオブジェクトをモデリング・操作することができる。また、例年に続き、モーションキャプチャ装置の実演展示が会場の所々に設けられていた。Motion Analysis Corporation社は4人の動きを同時にリアルタイムにキャプチャーできるシステムのデモンストレーションを行った。ソフトウェア各社は自社のソフトが著名な映画で利用された事例を出しながら、新バージョンを積極的にPRしていた。また、今年のユニークなイベントとして、展示会場脇にFull-dome Animation Theaterも併設され、米国NCSA (National Center for Supercomputing Applications) が製作したサイエンティフィックビジュアライゼーションの作品が上映され、ドームの外には絶えず長打の列ができていた。

SIGGRAPH2006は7月30日から8月3日の5日間、2004年6月に完成したばかりのBoston Convention and Exhibition Centerで行われる。本年および来年の会議に関する詳細な情報は<http://www.siggraph.org/>を参照されたい。日本からのなお一層積極的な応募・参加を祈念してやまない。



第8回米国計算力学会議(USNCCM8)について

奥村 大
名古屋大学大学院 工学研究科 計算理工学専攻

第8回米国計算力学会議 (Eighth U.S. National Congress on Computational Mechanics=USNCCM8) は、2005年7月24日から28日まで、米国テキサス州の州都オースティン (図1) にて開催された。この会議は隔年で開催される米国の国内会議であるが、米国以外からの参加者が年々増えている。組織委員会の報告によると、今回は総登録者数：1,109のうち、米国以外の35ヶ国から参加者：429であった。その中でも、日本からの参加者：54が最も多く、続いてドイツ：42、フランス：26、カナダ：15、韓国：14であった。

会議の初日と最終日 (24日、28日) には、hp有限要素法や流体構造連成計算、電磁気計算などに関する短期講習会が企画された。また、25日～27日の3日間には、9件の基調講演と約1,050件の一般講演が行われた。

基調講演は、朝の8時と昼の13時に大講堂で行われた。米国からはテキサス大学オースティン校のO. Ghattas教授、プリンストン大学のD. Srolovitz教授、イリノイ大学のW.C. Chew教授、カリフォルニア工科大学のM. Ortiz教授、ブラウン大学のG.

Karniadakis教授、ニューヨーク州立大学ストーニーブルック校のJ. Glimm教授、レンスラー工科大学のJ. Fish教授、日本からは地球シミュレータセンターの佐藤哲也教授、フランスからはP. Le Tallec教授が講演を行った。いずれもBallroomと呼ばれる非常に大きな講堂で行われ、立ち見が出るなどたいへん盛況であった。

一般講演は、65のミニシンポジウムで構成され、あわせて252のセッションが30の部屋で3日間を通して行われた。講演時間は質疑応答を含めて24分、キーノートの場合には48分であった。セッション数の多かったミニシンポジウムは、“Multiple Scale Analysis and Its Applications to Nanoscale Mechanics and Materials (W.K. Liu教授ら)”、“Computational Bioengineering (S. De教授ら)”、“Mathematical and Computational Foundations of Multiscale Modeling (J.S. Chen教授ら)”、“A Posteriori Error Estimation and Adaptive Procedures from 1976 to 2005. Symposium in Honor of Prof. Ivo Babuska (B. Carnes教授ら)”、“Discontinuous Galerkin Methods (B. Cockburn教授ら)”であった。全体的にはマルチスケールに関連した発表 (セッション数：43) が多い印象を受け

た。

26日のバンケットでは、米国計算力学の発展に貢献した研究者に対する表彰式が行われ、1,000人以上の参加者が受賞者の功績を讃えた。本会議最高の荣誉であるThe John von Neumann Medalは、G. Strang教授に授与された。ほかに、Computational and Applied Sciences AwardがT.Y. Hou教授、Computational and Structural Mechanics AwardがJ. Fish教授、Computational Fluid Mechanics AwardがA. Jameson教授、USACM Fellow AwardがL.E. Schwer教授、J.S. Chen教授、D.J. Benson教授にそれぞれ贈られた。また、108の企業から総額\$55,000の支援とその他にも

多くの協力があったことが報告された。なお、バンケットは着席スタイルで催され、費用は参加登録費（一般は\$475、学生は\$150）に含まれていた。

渡米がはじめての私は、米国の入出国審査の厳しさに驚いた。入国時には両手の指紋スキャンと顔写真の撮影、出国時にもその確認が行われた。一方、オースティンはのんびりゆったりとした町であった。次回の米国計算力学会議（USNCCM9）は、2007年7月22日から26日まで、カリフォルニア州サンフランシスコにて開催の予定である（<http://www.me.berkeley.edu/usnccm9>）。



図1 オースティンの町並み（会場のオースティンコンベンションセンターから撮影）

表彰



矢川元基先生のIACM Computational Mechanics Award、APACM Award受賞に関して

宮崎則幸

京都大学 大学院 工学研究科 機械理工学専攻

昨年11月に発行された本ニュースレターNo.33にその概要が紹介されていますように、昨年9月6日から10日まで、中国・北京の北京飯店（Beijing Hotel）において、IACM（=The International Association for Computational Mechanics）主催の第6回計算力学国際会議（The Sixth World Congress on Computational Mechanics, WCCM VI）とAPACM（=Asian Pacific Association for Computational Mechanics）主催の第2回計算力学アジア太平洋会議（The Second Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics, APCOM'04）が共催の形で開催されました。IACM、APACMでは、それぞれWCCM、APCOMの会議開催に合わせてそれぞれのAwardsを贈賞することとなっています。今回は、会議の四日目に北京近郊のGolden Palaceという場所で開催されたバンケットの席で授賞式が行われました。この席で、矢川元基先生（東京大学名誉教授、東洋大学教授）がIACM Award for Computational MechanicsならびにAPACM Awardを受賞されました。先生のこれまでのご業績は計算力学における学問的業績にとどまらず、日本機械学会内に本計算力学部門を立ち上げ、初代の計算力学部門長を務められるなど、計算力学の国内における普及に大きな貢献をしておられます。さらに、国内にとどまらず、IACMのExecutive Council Memberとして、またProf. S. Valliappanの後を引き継いでAPACMの二代目のSecretary General（APACMの代表者）を務められるなど国際的にも活躍しておられます。今回のダブル受賞はこれらのご業績が評価されたものと思われる。

さて、今回受賞された賞の内容を簡単に紹介いたします。ま

ず、IACM Award for Computational Mechanicsは計算固体力学あるいは計算流体力学において顕著な業績を上げた個人に贈賞されるもので、これまでProf. T. Belytschko, Prof. T. E. Tezduyar, Prof. D. R. J. Owen, Prof. W. K. Liuをはじめとする14名の方々が受賞されており、矢川先生が日本からは最初の受賞者です。一方、APACM Awardは、APACMが贈賞する三つの賞（Zienkiewicz Medal, APACM Award, APACM Young Investigator Award）のうちの一つで、今回は矢川先生とNational University of SingaporeのProf. G. R. Liuが受賞されました。ちなみにZienkiewicz MedalはオーストラリアのUniversity of New South Wales（UNSW）のProf. S. Valliappanが、APACM Young Investigator Awardは同じくUNSWの古川知成博士（同博士はIACM Young Investigator Awardも同時受賞）がそれぞれ受賞されました。



矢川元基先生
（東京大学名誉教授、東洋大学教授）

なお、矢川先生は2007年12月3日から6日に京都で開催されるAPCOM'07のChairmanとして、日本の計算力学分野を引き続き牽引していただきますが、今後、より若い世代が国際的に活躍し、矢川先生に続いてIACM Award for Computational Mechanicsのような計算力学分野の国際的な賞の受賞者が出ることを期待して、筆を置かせていただきます。

特集 最適化

最適化技術の最新動向



山崎光悦
金沢大学大学院 自然科学研究科 システム創成科学専攻

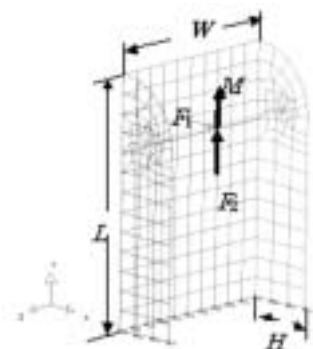
1. はじめに

最適設計法は、与えられた設計仕様の下で最善の設計解を得るための数理的方法である。コンピュータ利用環境の整備に伴ってC A Eが設計に頻繁に活用されるようになると、誰もが次にその結果を最適化したいと思うのが常である。こうしたC A E利用による設計の普及と、数理最適化手法の進歩に支えられ、航空分野をはじめ、機械、土木、建築、電気など多くの設計分野での応用研究、実用設計への利用が急速に進んでいる。

本稿では、1990年代以降、特に最近の10年間の最適設計技術における研究・ソフトウェア開発の動向と、その利用技術の普及について、特に計算力学と関係の深い課題に焦点をあてて解説することにする。

2. 構造の形状・形態最適化

最適設計技術は構造設計分野で古くから研究されてきたし、実用設計への利用も普及していることから、まずこの分野の動向から概観しよう。構造設計は対象とする設計変数で整理すると寸法設計、形状設計、形態設計に分類され、順に難しくなるが、それら3つの最適設計が同時になされてはじめて真の最適構造が達成される。有限要素法による構造解析を伴



(a) 多重負荷を受けるブラケット



(b) 最適形状とミーゼス相当応力の分布

図1 GENESISによる寸法・形状同時最小重量設計例

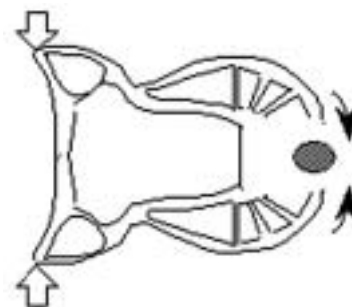


図2 均質化法によるグリッパーの形態設計⁽⁴⁾

う寸法設計や形状設計は早くから実用研究が進められ、90年代半ば以降GENESIS, OPTIMUSなどの構造最適設計専用ソフトウェアや汎用構造解析ソフトウェアのオプション機能として提供され、既に実用設計にも利用されている。例えば、図1は汎用ソフトウェアGENESISによる寸法・形状同時最適設計例である。これらのソフトウェアでは極めて少ない有限要素解析回数で最終的な最適設計解を得ることが可能である。それを実現している背景にある要素技術は以下の3点に要約できよう。つまり、

- 1) 線形構造応答に対して種々の設計パラメータを設計変数とするときの設計感度解析機能が準備されている。
- 2) その設計感度解析結果をベースに級数展開近似、節点力近似、多点近似など、現設計点近傍で有効な局所近似関数を自動生成し、構造解析回数を極力減らす工夫がなされている。
- 3) 形状設計では、ベシスベクトル法やスプライン補間などによって複雑な輪郭形状を少ない設計パラメータで定義し、しかも形状変化に応じた適応分割機能によって要素分割のゆがみや潰れを自動的に解消して必要な解析精度を保つ機能を有している。

その他にも、設計変数や目的関数、制約条件を簡単に定義することを可能にするインターフェースや、設計過程をモニタリングするためのユーザーインターフェース、3D - CADとのデータ交換機能、データベース機能など豊富なユーザー支援機能が、これらソフトウェアの普及、実設計への利用を可能とした。

一方、形状最適化では最適性基準に基づく畦上らの“力法”を挙げておく必要がある⁽¹⁾。力法では最適性基準によって導出される擬似荷重ベクトルによる変形量を基に形状修正を繰返す手順をとり、形状変更に伴い内部の要素分割も同時に変更するため上述の汎用ソフトが採り入れている適応分割機能を付加する必要が無い点の特徴で、形状最適化ソフトウェアOPTSHAPEの基本理論としても採用されている。また、形状設計法を複雑な機械部品などの設計に適用する場合に常に

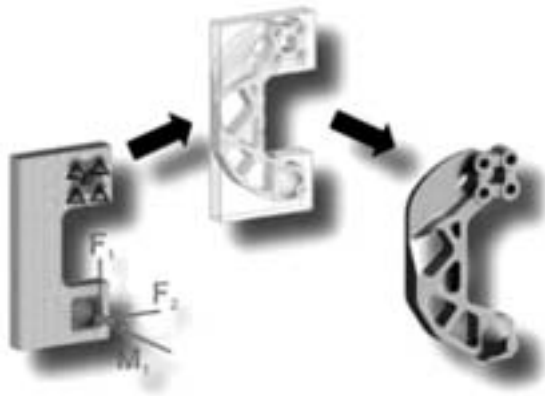


図3 加工条件を加味した形態設計例

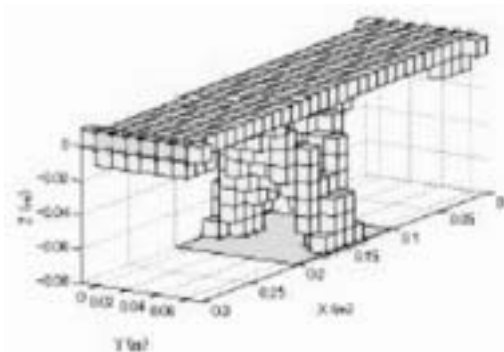


図4 要素付加・除去法による橋梁構造の振動数最大化設計例⁽⁶⁾

問題となる設計・解析用モデル生成の困難さを克服する手段として、ボクセル有限要素によるモデル化とその直接最適化に関するプログラム開発も進められた⁽²⁾。

次に最も難しいとされる形態設計法に関する近年の研究成果を概観すると、まず挙げられるのが1988年に発表された Bendsoe・菊池の均質化法である⁽³⁾。設計空間をマイクロな格子(セル)に分け、格子ごとに穴を想定してその穴の寸法と方向を設計変数としつつも、それから計算されるマクロな材料定数を使った連続体モデルについて最適性基準に従って想定した穴の大きさ分布を決定し、最終的に骨組構造としての部材配置を得ようとするものである。90年代半ばから骨組構造形態の最適化に止まらず、薄板構造のリブ補強形態設計や圧電体素子の形態設計、コンプライアント・メカニズム(連続した柔軟結合部と剛部材を適切に配置して実現する回転節や可動部を持たない機構)、非線形座屈問題など種々の形態設計へと応用された。図2は西脇・菊池らによるグリッパーの設計例である⁽⁴⁾。

その一方で、より単純にマイクロセルの材料密度を設計変数とする SIMP 法⁽⁵⁾による形態設計に関する研究も進められ、最近では三次元空間でのより現実的な形態設計には均質化法

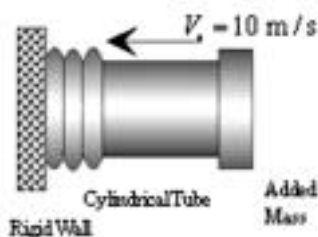
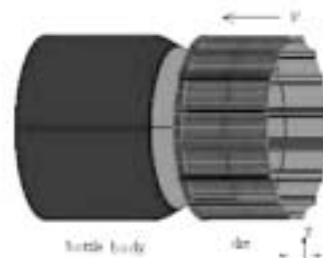
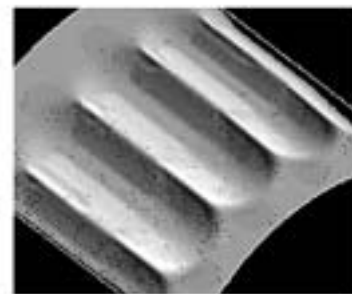


図5 衝撃エネルギー吸収能の最大化円筒モデル

より格段に効率が良いことが認識されるようになり、実用性の観点から製造上の制約や加工条件も考慮して形態設計ができるソフトも普及するに至った。図3は GENESIS による鋳造部品の補強リブ形態最適化の一例である。その間、日本でも遺伝的アルゴリズム(GA)によって離散的な部材配置を直接扱う設計法や設計感度解析に基づき有限要素の存在を直接設計パラメータとして要素の付加・除去を行う手法の開発などが盛んに進められてきた。図4は大熊らによる三次元橋梁構造の形態設計例である⁽⁶⁾。また著者のグループは自然界の分岐網の成長過程に倣った薄板構造補強リブ形態設計法を提案している⁽⁷⁾。同様に形態設計に関する研究は、ドーム型建築構造物や土木構造物など広く行われている。さらには、柔軟宇宙トラス構造などへの適用を目的に、振動抑制のためのセンサー・アクチュエータの最適配置設計や関連する形態設計も引き続き進められている。



(a) エンボス加工モデル



(b) エンボス加工シミュレーション例

図6 アルミボトルの多目的最適化⁽¹⁴⁾

3. 応答曲面近似と非線形構造応答の最適化

最適設計法は、航空、機械分野をはじめ、多くの工学設計分野での応用研究、実用設計への利用が進んでいるが、実用問題への適用を考えた場合、常に有限要素法等による大規模な数値シミュレーションの繰返しを必要とする。そのため、各種の近似法を導入してシミュレーション回数を減少させ、いかに効率的に解を得るかが重要なポイントとなる。近似法は、設計感度情報を用いて応答を設計変数でテラー級数展開などをする局所近似と、設計感度を用いず実験計画法やRBFネットワークなどにより応答曲面全体を近似する大域近似(応答曲面法)に分けられる。後者は、設計感度の計算を必要としないため、線形応答に限らず非線形構造応答や非構造分野の設計、さらには構造と制御、熱、流体、電磁場などと複合した領域の最適設計問題、いわゆる MDO (Multidisciplinary Design Optimization) への適用が普及しつつある。それらの背景には、コンピュータの計算スピードの向上や並列処理の普及によって、かなり複雑かつ大規模な数値シミュレーションが手軽に実施できる環境が整いつつあることと、数十回のシミュレーションの実施のみによって最適化を可能にする近似

法の発達、及び手軽に最適化技術を利用できる設計環境支援ソフトウェアの出現などがある。

応答曲面法は、設計で考慮すべき応答と設計変数の関係が明確な関数形で与えられない設計問題の全域的な近似挙動関数を得る場合に用いる。設計に考慮すべき挙動（応答） y が複数の設計変数 x の影響を受けるとき、設計空間内の多くの設計点（サンプル点）の挙動データ（観測データ）をもとに、応答関数を適当な多項式で $y = f(x)$ と近似して表す⁽⁸⁾。よく利用される応答曲面法には、実験計画法にその基礎を置いているもの⁽⁹⁾、地球統計学、資源探査の分野で発達した近似法を最適設計に利用するクリギング法⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾、Radial Basis Functionと呼ぶ基底関数をもとに近似式を構成するRBF法⁽¹²⁾、さらにはスプライン補間によって多項式近似する方法など、いずれも設計感度情報を用いずに設計に考慮すべき応答と設計変数の近似関係を構築して効率的な最適設計を実施するためのものであり、90年代末からMDOへの関心の集まりと呼応して盛んに研究されるようになった。

著者らは、世界でも最初に薄肉板殻構造部材の衝撃圧潰吸収エネルギーの最大化に実験計画法の直交表による応答曲面近似を利用した研究グループの一つである(図5⁽¹³⁾)。その後、より具体的な自動車車体構造の衝撃吸収能の最適化やエアバックと搭乗者も含めた人体損傷値の最小化、チャイルドシートの性能評価などにも応用された。こうした非線形応答は一般に単峰性が保証されないことから、さらにはクリギング法やRBF法などを利用して多峰性関数で応答曲面を近似する手法の研究が現在も進行中である。これらの応答曲面法によって大域的な近似式が得られれば、広い設計範囲で有効であることは勿論であるが、課題は如何にして少ないサンプル点の情報で、より近似精度の高い応答曲面を得るか、またそのときのサンプル点を設計空間上にどのように配置すれば良いかが議論の焦点となっている。また多峰性の応答曲面が構成できたとしても、それを如何に効率的に最適化するか、多峰性関数の最小化アルゴリズムの開発も重要な課題である。

4. 複合領域の最適化と多目的最適化

汎用構造最適化システムの実用設計への利用が広がるにつれて構造応答に止まらず、熱流体や塑性加工、電磁場など非構造分野の設計問題にも盛んに利用されるようになった。さらには2種類以上の異なった現象のシミュレーションをベースとする設計、いわゆる複合領域最適化問題へと最適化法の利用ニーズが高まりつつある。複合領域最適設計は、一連の設計過程において個別に実施されていた複数の領域の設計を初期の設計段階から統合して扱い、従来専門の異なる設計担当間で往復していた設計プロセスの無駄を除き、全体としてよりバランスのとれた設計を実現する上で極めて有用である。それを支援するための設計最適化支援ソフトウェアiSIGHTやVisual DOCが普及して多くの実用設計に利用されるようになってきた点も注目すべきであろう。

また異なる領域の複数の設計指標を同時に考える多基準（多目的）最適化問題や満足化設計の実用問題への適用の促進効果も期待できる。図6は著者らのグループによる最近のアルミボトルをホット販売向けにエンボス加工した形状設計例である⁽¹⁴⁾。ボトルを握った時の指の温熱感とエンボス加工性の両方が同時に最適化されている。

多目的最適化では、パレートフロントを効率的に求め、それを分かり易い形式で設計者に提示して意思決定をアシスト

するための方法論についても種々の検討が加えられている。

5. 大域的最適化アルゴリズムの開発

一方、離散変数からなる組合せ最適化や連続変数と離散変数からなる混合変数問題を効率良く求めるアルゴリズムの開発が、実用設計レベルで強く要求されるようになりつつある。こうした設計問題の解決に最適化手法を適用する動きに呼応して、最適設計の効率を決定付ける大域的最適化アルゴリズムの開発が種々行われ、試されてきた。初期の頃から遺伝的アルゴリズム(GA)やシミュレーテッドアニーリング(SA)、免疫システムなど進化的アルゴリズムの利用が進み、大規模なシミュレーションを含む多目的最適化分野でもコンピュータ利用環境の急速な改善効果に支えられ、強引と思えるほど各種実設計も試されるようになった。その一方で、PSO(Particle Swarm Optimization)⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾、GRTA(Generalized Random Tunneling Algorithm)⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾や適応的累積関数近似⁽¹⁹⁾など多峰性の強い関数空間での大域的最適解をさらに効率良く、しかも着実に求めようとするアルゴリズムの開発も進められてきた。

PSOはGAなどと同様、有望視されている同時多点探索法の1つである。PSOでは、個体(Particle)が持つ最良の情報(p-best)と、その個体から形成される集団・群れ(Swarm)の最適値(g-best)から、過去の探索履歴を考慮して連続変数の多峰性関数の大域的最適解、あるいは準最適解を求める手法である。PSOの探索過程では各個体が「位置」と「速度」を持ち、集団の情報も加味して各個体の位置と速度を更新しながら、集団で最適解を探索する方法である。PSOの探索は、感度に基づく勾配法との類似構造を持つため、仮に大域的最適解が得られないとしても、GAなどの多点探索法と比べれば、高い精度で準最適解が得られることが期待できるとされている。

また離散変数からなる組合せ最適化や連続変数と離散変数からなる混合変数問題を効率良く求めるアルゴリズムの開発が、実用設計レベルで強く要求されるようになりつつあり、PSO、GRTAなどをベースに離散変数をペナルティ法によって連続変数に緩和し、取扱う手法が有効である。

6. 今後の展望

最適設計法について現在様々な方向の新しい試みがなされている。以下では、その中からFOA(First Order Analysis)と自然分岐網を利用した形態設計について紹介する。

現在のCAE技術やそれをベースにした最適設計ソフトウェアが主に製品開発の最終段階で用いられ、開発期間の短縮やコストの削減といった効果をあげている一方で、設計技術者が自在に使える上流設計用の有効な解析・設計検討ツールは存在していなかった。このような現状に対して、設計初期の基本設計段階で設計検討できるツールで、設計ノウハウが設計技術者自身に蓄積されてゆくようなツールの開発を目指して、FOAの概念に基づく設計ツールが提案された。トヨタ中央研究所の研究グループは自動車車体など骨組部材と板殻部材で構成される構造を対象とする設計ツールを開発し、その実設計への利用・普及に努めている⁽²⁰⁾。一方、著者のグループも3次元組立構造の変形場を簡便に解析し、荷重の伝達経路や熱応力による変形など複雑な変形場を概略的に把握するツールの開発を目指した研究を進めている。

樹木の枝分かれや根の主根から毛根への分岐、生体内の血

管網の分岐、合流など生物的分岐網形態は非常に精巧かつ巧みにできている。これらの分岐網は、三次元空間や三次元物体の各領域へのエネルギーや物質の配送、収集システムとみなすことができる。物質などの粘性と摩擦を考慮しながら、巧みな枝分かれ、合流によって分岐網の末端は領域内の全域をくまなく網羅し、圧力や配送量を均一にする形態を実現している。その分岐網形態を支配するパラメータには、分岐前後の枝や管の太さ変化、分岐角度と方向、末端の細かさ、網羅する三次元分布領域の大きさなど多くの量が考えられるが、分岐網の成長過程や成熟した分岐網の形態は、有名なマーレイ (Murray) のモデルによってある程度の説明が可能である。著者のグループでは、分岐網形態の補強リブ形態設計や冷却管路網形態設計などへの応用を試みている。図7は平板内を一様に冷却する入口が1つの場合の冷却管分岐網形態の設計例とその温度分布を示している⁽²¹⁾。従来の人工的な設計法では到底達成できない性能を出せる可能性がある。

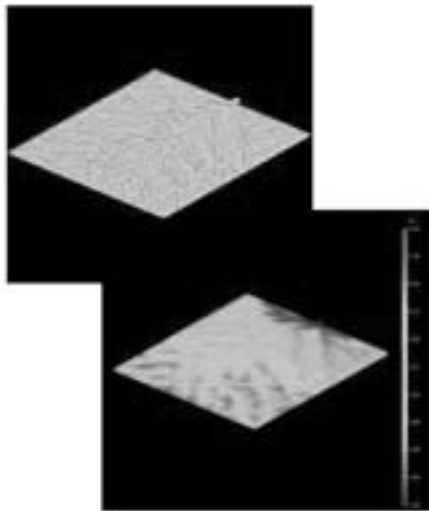


図7 分岐網を用いた冷却管形態設計例⁽²¹⁾

7. むすびにかえて

本稿では、最適化技術の最近の動向を、特に計算力学分野と関連する大規模シミュレーション、解析を伴う設計の観点から紹介した。現在、最適化技術は関連ソフトウェアの普及とあいまって企業等の実設計に応用されるケースが非常に多く、手法開発の研究面でも活気を呈している。この拙文が最適化技術のより良い理解と普及に役立てば幸いである。

文献

- (1) 畔上、領域最適化問題の一解法、機論(A編)、60-574 (1994)。
- (2) <http://www.quint.co.jp/eng/pro/vox/index.htm>
- (3) Bendsoe, M.P. and Kikuchi, N., Generating optimum topologies in structural design using homogenization method. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Vol.71, No.2(1988), pp.197-224.
- (4) Nishiwaki, S., Min, S., Yoo, J. and Kikuchi, N., "Optimal Structural Design Considering Flexibility", Computational Methods of Applied Mechanics and Engineering, 190 (2001), pp.4457-4504.
- (5) Olhoff, N., Ronholt, E. and Schell, J., Topology optimization of three-dimensional structures using optimum microstructure. Structural Optimization, Vol.16(1998), pp.1-18.
- (6) Kim, W.Y., Nakahara, K. and Okuma, M., "An evolutionary Optimization Method for Designing the Three-dimensional Structures", Trans. of JSCEs, Paper # 20020019(2002).
- (7) Ding, X., Yamazaki, K., Stiffener Layout Design for Plate Structures by Growing and Branching Tree Model "Application to Vibration-proof Design-, Structural and Multidisciplinary Optimization, 26-1&2(2004), pp.99-110.
- (8) Myeres, R.H. and Montgomery, D.C., Response Surface Methodology-Process and Product Optimization Using Designed Experiments, John Wiley & Sons, New York, 1995.
- (9) Kashiwamura, T., Shiratori, M. and Yu, Q., Statistical Structural Optimization, Computer Aided Optimum Design of Structures V, Rome, (1997), pp.213-227.
- (10) Jin, R., Chen, W. and Simpson, T.W., Comparative Studies of Metamodeling Technique under Multiple Criteria, Structural Multidisciplinary Optimization, Vol.23(2001), pp.1-13.
- (11) Forsberg, J. and Nilsson, L., On Polynomial Response Surfaces and Kriging for Use in Structural Optimization of Crashworthiness, Structural Multidisciplinary Optimization, Vol.29, No.3(2005), pp.232-243.
- (12) 山川宏編、最適設計ハンドブック、朝倉書店、(2003)、pp.197 -199.
- (13) 山崎・韓、薄肉曲がり部材の衝撃圧潰吸収エネルギー最大化設計に関する研究、機論(A編)、66-651(2000)、pp.2001-2007.
- (14) Han, J., Itoh, R., Nishiyama, S., Yamazaki, K., A Multi-objective Optimum Design of a Two-piece Aluminum Beverage Bottle Considering Tactile Sensation of Heat, Structural Multidisciplinary Optimization, (2005), in Press.
- (15) Parsopoulos, K.E. & Vrahatis, M.N., "Recent Approaches to Global Optimization Problems through Particle Swarm Optimization", Natural Computing, Vol.1(2002), pp.235-306.
- (16) 北山哲士・荒川雅生・山崎光悦、Particle Swarm Optimizationの基礎的検討と混合変数問題への適用、日本機械学会論文集(A編)、71-706(2005)、pp.968-975。
- (17) 北山哲士・山崎光悦、一般化ランダム・トンネリング・アルゴリズムによる大域的最適化(第1報-第3報)、日本機械学会論文集(A編)、69-684(2003)、pp.1250-1256, 70-689(2004)、pp.50-55、70-695(2004)、pp.970-977。
- (18) Kitayama, S. & Yamazaki, K., "Generalized Random Tunneling Algorithm for Continuous Design Variables", Trans. of ASME, Journal of Mechanical Design, 127-3 (2005), pp.408-414.
- (19) Hirokawa, N., Fujita, K. and Ushiro, T., "Computation Cost Saving of Robust Optimal Design by Cumulative Function Approximation", Proc. of 3rd China-Japan-Korea Joint Symposium on Optimization of Structural and Mechanical Systems (CJK-OSM3), (2004), Kanazawa, pp.553-558.
- (20) Nishigaki, H., Nishiwaki, S. and et. al., First Order Analysis for Automotive Body Structure Design, ASME DECT2000/DAC- 14533.
- (21) 丁 曉紅・山崎光悦、自然界の分岐網モデルを利用した冷却管路システム設計に関する研究、日本機械学会論文集(B編)、70-699(2004)、pp.3016-3023.



商用最適化アルゴリズムの向かう方向 - Pointer Optimizer

宮田 悟志
エンジニアス・ジャパン (株)

1. はじめに

CAE等のシミュレーションを最適化アルゴリズムで実施する最適設計は、今日ではもはや新しい技術では無くなりつつある。勿論、専門的研究者によるアルゴリズムの改良・進展は続けられているものの、工学問題への適用を主とする利用者にとっては、専門性が高すぎて身近な道具として認知することは難しくなっている。その一方で工学問題に現れる多種多様な最適化問題扱うためには、問題の性質とアルゴリズムの特徴を理解し両者の相性を考慮して最適化を実施する必要があり、一般の利用者にとって、ハードルは高いままとなっている。本稿では、これらの問題を解決するための試みとして、iSIGHT9.0から新たに導入されたPointer Optimizerを紹介する。

2. 最適設計普及の障害

例えば検討問題が、連続な独立変数、十分滑らかな目的関数と制約関数からなり、凸性の仮定が満足される程度に設計空間が小さい場合、逐次2次計画法に代表される非線形計画法が、計算精度・効率共に最も望ましい。一方、解の滑らかさが無くなったり、離散変数を含む様になると、感度を用いずに探索方向を決定できるアルゴリズムの選択が必要になる。また設計空間が大きくなり解空間が多峰性となる場合には、大域探索能力に主眼を置いたアルゴリズムを使用する必要が出てくる。これら設計問題の把握と適切な最適化手法の適用が、最適設計を実施する上で最初のハードルとなる。これらの点は、アルゴリズムの専門家から見れば検討されて当然の内容であるが、非専門家の目には、利用にあたっての敷居が高く映り、近年の最適設計の普及の妨げとなっている。

アルゴリズムが選択された後は、各アルゴリズムのチューニングパラメータを適切に調整する必要がある。例えば、感度計算のための差分幅、GA(遺伝的アルゴリズム)における個体数・世代数の問題は、実用では相変わらず問題となり続けている。

3. Pointer Optimizer

Pointer Optimizer (以下Pointer) はこれらの問題を解決するために考案された。Pointerでは、解空間を評価しながら複数のサブアルゴリズムを動的に使い分けることを行う。またその過程で、チューニングパラメータの調整も自動的に行われる。そのため、単一のアルゴリズムを単一設定で実行するリスクが存在しない(ただし解空間の評価やアルゴリズムの切り替えが発生する分、計算は冗長となる)。Pointerは3つのサブアルゴリズムを持つ。

- ・ SQP (Schittkowski)
- ・ Downhill Simplex (Nelder and Mead)
- ・ Evolutionary Strategy (Schwefel)

SQPは連続・滑らかな変数空間に適したアルゴリズムであり、その計算では感度を使用する。非線形最適化アルゴリズムでは、現在最も使用されているものである。またDownhill Simplexは、解空間が部分的に不連続の場合や滑らかでは無い場合にも使用出来る、非感度ベースのアルゴリズムである。Simplex(単体)を使って解空間を計量するという特徴がある。またEvolutionary Strategy(進化戦略)は、不連続問題や組み合わせ問題、大域最

適化問題を対象とする。GA同様、生物進化を模倣するアルゴリズムである。

直感的に、SQP, Downhill Simplex, ESは典型的な工学最適化問題を代表する手法となっていることが分かる。Pointerは、これら3手法をヒューリスティックアルゴリズムで制御しながら最適化問題を解き進める。

4. Pointerの動作と設計検討上の効果

Pointer開発者自身の手による論文[1]では、CFDによる翼断面形状最適化問題、トラス支持橋梁の構造最適化問題を例に、設計問題の解空間を適切に見積ることの難しさが、単なるアルゴリズムの負荷テストとしては無く、一般の設計問題として示されている。本稿以下では、これとは少し視点を変え、より簡単な例題を通して、設計検討支援ツールとしてのPointerの側面を紹介する。

Fig. 1に示す問題を考える。穴開き平板に上面から圧縮荷重、側面から引っ張り荷重が作用している。そして穴の大きさ a, b を設計変数とし、最大応力を制約とする重量最小化問題を定義する。ただし解析領域は対称境界条件を使用し1/4部分について行う。

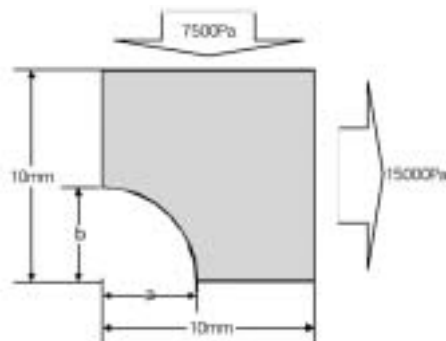


Figure 1 穴開き平板問題 (1/4対称)

後に数値比較を行うために、重量(Mass)と最大応力(Stress)の解空間を求めた結果をFig.2に示す。

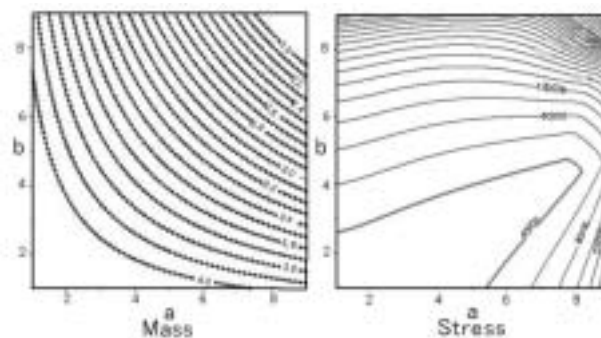


Figure 2 重量と応力の応答空間

ただしグラフは、設計変数 a, b それぞれを40分割し格子状の

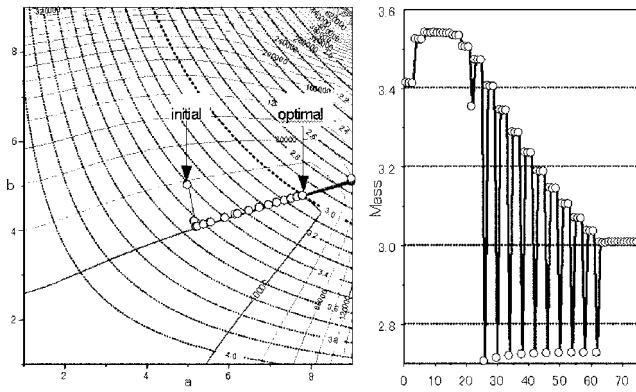


Figure 3 SQPの解探索
(左：設計空間 右：対評価回数でのMassの推移)

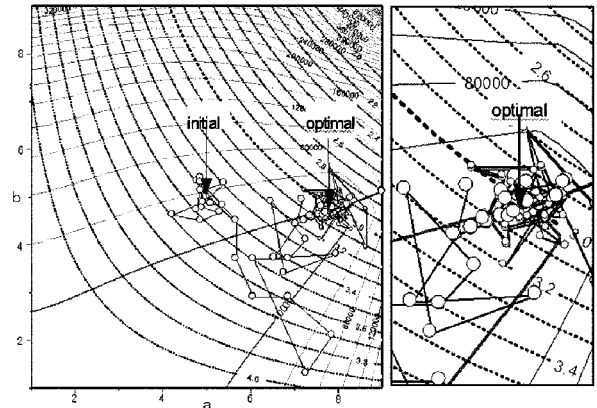


Figure 4 Pointer/凸の事前情報付き
(左：設計空間全体 右：最適解周囲)

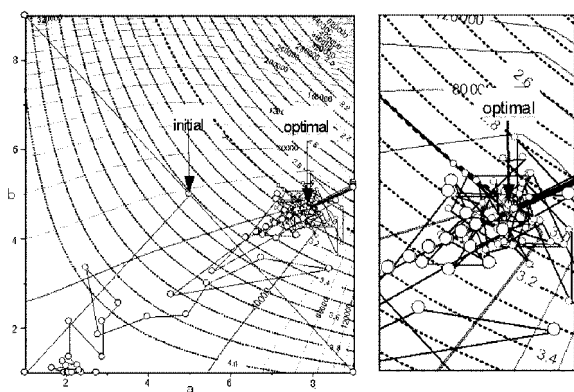


Figure 5 Pointer/事前情報無し
(左：設計空間全体 右：最適解周囲)

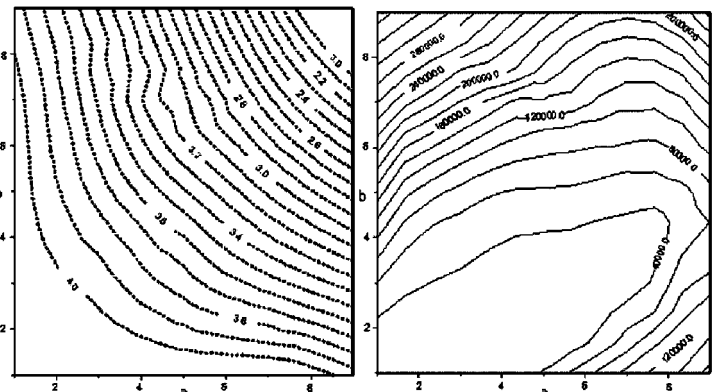


Figure 6 Pointerの結果から推定した解空間
(左：Mass 右：Stress)

設計点を定義することでシミュレーションを実行し得た結果である。実行可能空間・目的関数空間共にほぼ連続・滑らかな凸関数であることが分かる。これは非線形計画法にとって最も適した条件と言える。そこでStressの上限制約を40,000Paとして、Pointerを使わずにSQPを単一適用した例をFig.3に示す。

右図より75回の評価で最適解に収束していることがわかる。左図は設計変数 a , b を x 軸, y 軸としMassとStressのコンター線を表示した上に探索パターンを \circ で表示したものである。SQPは制約を使い切る形で実行可能ぎりぎりの探索を行い、正解へと収束していることが分かる。またその探索パターンにも無駄が無い(グラフで探索点が少なく見えるのは、感度解析等のほぼ同じ設計点での評価が重なってしまっているためである)。SQPは予想通りの良好な結果を出しており、「適切なアルゴリズムを選択することで、精度の高い答えを効率良く得る」という従来スタイルの最適設計法の成功例と言える。この例の様な場合、正解までの評価回数で考えるとPointerの様な試行錯誤に基づく冗長性のある方法を使うメリットは無い。しいて言えば単一手法に頼り失敗することが無い「保険」を挙げることが出来るが、積極的にPointerを指示する動機としては弱い。ところが実際にPointerを使ってみると、以外な副産物がある。

Fig.4とFig.5にPointerの実行結果を2例示す。Fig.4の結果は、Pointerに解空間の事前情報として「凸関数」を与えた場合、Fig.5は事前情報を全く与えない場合の結果である。両ケースとも15分の計算を行い(Pointerは経過時間で終了する)約170回の計算を実施している。SQPとの比較を容易にするため、76回目以降の評価計算は、 \circ 印を小さくしている。Fig.4, Fig.5共、SQPと比較すると明らかに試行錯誤的な探索が目につく。ただし「解空間凸」の事前情報を与えた場合(Fig.4)、75回の内にはほぼ最適

に到達しており、対評価回数での性能はそれ程悪いものではないことが分かる。事前情報を与えないFig.5の場合、探索はより広範囲に拡大している。また75回内では、最適解からはまだ少し離れている。ここで問題の見方を変えて見る。Fig.3に示したSQPの結果からは、探索に無駄が無いが故に、探索結果から解空間に対する情報を得ることは難しい。つまり利用者は、最適性についてはアルゴリズムが返す結果を信頼するしか無い。一方Pointerの結果は探索が広範囲に及ぶ分、解空間に対する情報が得られる。Fig.6にPointerの探索履歴から解空間を推定した結果を示す。探索点が存在しない領域では外挿予測となるため精度は悪いが、探索経路周囲での解空間の再現性は悪くない。Pointerの場合、アルゴリズムにより最適解を得た後に、ユーザがその結果を検証・納得し得るデータを残していると言える。Pointerは、「アルゴリズムの自動選択」「解アダプティブな計算」という特徴だけではなく、探索結果に対する信頼性を計る情報も同時に提供していると言える。

5. おわりに

Pointerは一種の自律最適化システムであり、これまでは、「いかに上手く適応化・自動化がなされるか」という視点からのご紹介が多かった。本稿では少し視点を変え、設計検討情報の提供の観点から紹介を行った。紙面サイズの制約上、学習性能、大域探索特性と局所探索特性等、触れることが出来なかった点も少なく無いが、ご興味をお持ち頂ければ幸いです。

参考文献

- [1] Alex Van der Velden, David Kokan, The Synaps Pointer Optimization Engine, Proceedings of DETC/CIE, 2002, CIE-34403



構造の位相／形状最適化

石井恵三（左）竹内謙善（右）
株式会社くいんと

1. はじめに

今回のニュースレターは最適化技術の特集ということで、我々にも記事執筆のチャンスをいただいたので、弊社のソフトウェアについて紹介する。弊社は1989年に、位相最適化プログラムOPTISHAPEをミシガン大学菊池昇教授と共同開発し、商用プログラムとして販売を開始した。その後1998年には、豊橋技術科学大学の畔上秀幸助教授（現、名古屋大学教授）が提唱された境界形状の最適化問題の有力な解法である力法（ちからほう：Traction Method）を形状最適化機能として実装し、これまでに改良、拡張を重ねてきた。現在はOPTISHAPE-TS 2005という名称で、製造業において設計および設計の改良の道具として利用され、成果を出しているで紹介する。

2. 位相最適化

連続体の位相最適化の研究は、1988年にデンマーク工科大学のBendsoe, M. P. とミシガン大学のKikuchi, N. が書いた研究論文¹⁾がきっかけとなり、各所で盛んに行われるようになった。1989年以降、弊社を始めとしていくつかの商用プログラムにも実装され、産業界の実務に適用されるようになった。位相最適化により算出された結果は、後述する形状最適化の結果ほどリアルではなく、そのまま設計データとして使うということはない。しかし、Bendsoeらが示した、構造形態の変化をも含んだ充分大きな設計領域を定義し、体積のみを制約して、剛性を最大化するという簡単な最適化問題で得た位相形態は、どこ部分の構造体として寄与し、どこが無駄な領域なのかという基本的な事柄を教えてくれる。設計者がデザインを色々考える際のヒントの一つになれば良いと思う。

実際、算出された位相形態は、骨組み構造のようなものがあったり、中空の大きな穴があいた箱ができたりする。時には、ぼやぼやした材料の密度分布が出たりもする。その部分の取り扱いに画像フィルターを利用したり、外形線（外表面）の長さ（面積）が最小になるような目的関数を加えたりして、鮮明な構造形態を出そうと多くの研究者が努力を重ねた。

研究領域では、マイクロマシンのコンプライアント・メカニズムや、欲しい材料定数を実現するミクロ構造を用いた材料設計などが盛んに研究されている。

光造形装置に代表される、レイヤードマニユファクチャリングの世界でものづくりが行われる場合は、位相最適化の算出した結果を、そのまま使うことも可能であるが、翻って、一般の製造現場をみれば、製造条件の範囲内ではかものを作ることができず、多くの製造制約を考慮しなければならない。このような研究²⁾も成されてはいるが、位相最適化により算出された結果は、あくまで「設計のアイデアの源を提供する」という役目が大きいように思う。

これらの問題は、次章で紹介する力法によるノンパラメトリック形状最適化プログラムが解決してくれることが多く、

その役割の重要性は益々高まっていると言ってよい。

3. 力法によるノンパラメトリック形状最適化

従来の形状最適化解析における問題点の一つとして、解析者による明示的な設計パラメータの設定を必要とする点が挙げられる。有益な解析結果を得るためには適切なパラメータを選定する必要があり、その設定作業にも多大な工数を必要とする場合が少なくない。OPTISHAPE-TSには商用ソフトウェアとしては唯一、力法による形状最適化機能が実装されている。境界形状最適化問題の解法として知られる力法³⁾は、数学的には関数空間における勾配法に位置付けられる最適化手法であるが、解析者から見れば設計パラメータを設定する必要なく設計自由度の高い最適化解析が行えることから、短期間で十分な成果が得られる手法として注目されている。我々は、設計パラメータの設定が不要であるという意味を込めて、この機能を「ノンパラメトリック形状最適化」と呼んでいる。

力法は当初、Neumann境界条件を用いて形状を変動させる手法として提案されてきたが、その後、収束性能を向上させるためにRobin境界条件を用いる方法にも拡張されている。OPTISHAPE-TSでは、最新のRobin型の力法を基礎として独自のチューニングを行い、高速且つ安定した収束が得られるように工夫している。図1は位相最適化のベンチマーク問題としてよく用いられるMBB梁の最適化問題をOPTISHAPE-TSのノンパラメトリック形状最適化機能で解析した例を示している。この例では、図1(a)の初期形状から図1(b)の結果形状に至るまでに大きな形状変化が生じているが、約50回の繰り返し解析で収束した。大きな形状変化に伴って有限要素解析の精度が低下することが懸念されるが、OPTISHAPE-TSでは形状に対してロバストな要素を積極的に導入する等の工夫により、精度の維持を図っている。図1の解析例でも、最適化解析に影響を及ぼすほどの精度低下は認められない。

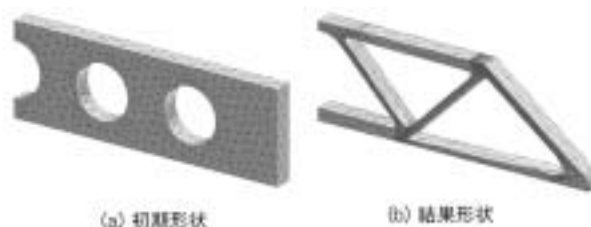


図1 MBB梁の形状最適化

3.1 目的関数および制約関数

力法による形状最適化が広く利用されるようになるにつれて、より詳細な設計基準を考慮するための機能が求められるようになってきた。位相最適化が設計の初期段階で利用されることが多いのに対して、力法による形状最適化では製品の最終形状により近い結果形状が得られるために、より詳細な

設計を行う段階あるいは既存設計の不具合解決で利用されることが多いためである。OPTISHAPE-TS では、線形静弾性解析と固有振動解析のソルバーを内蔵し、それらを用いて計算される以下のような評価値を、目的関数あるいは制約関数として自由に組み合わせて最適化解析が行えるようになっている。

- ・体積、質量、慣性モーメント
- ・コンプライアンス（静剛性）
- ・最大 Mises 応力、最大主応力、最大主せん断応力
- ・最大主ひずみ
- ・変位
- ・固有振動数
- ・固有振動モードの二乗変位
- ・固有振動モードの二乗誤差

また、最新の OPTISHAPE-TS 2006 では定常熱伝導解析機能とモーダル周波数応答解析機能も内蔵し、最大熱応力と周波数応答も目的・制約関数として設定できるようになる予定である。

3.2 形状変動制限機能

手法による形状最適化解析では、製造性および設計領域を考慮する機能も重要視されている。手法のような高い設計自由度を有する最適化手法を、そのまま実用的な設計問題に適用すると、解析後に得られる結果形状が必ずしも容易に製造できない場合がある。また、解析者が想定している設計領域を逸脱した形状が得られる場合もある。これらの問題点は、形状最適化において形状に関する制約条件を明示的に加えることで解決できると考えられる。そこで我々は最適化解析の過程で、指定された制約条件を満足する範囲内で形状を変動させる手法を独自に開発してきた⁴⁾。OPTISHAPE-TS には、以下のような機能が実装されている。

- ・平面、円筒面による設計領域の定義
- ・抜き勾配を考慮して型抜き可能な形状に制限する機能
- ・断面形状が一定となるように制限する機能
- ・初期の断面形状を保持する機能
- ・三角形・四角形パッチによる設計領域の定義
- ・シェル要素の面外方向の変動を制限する機能
- ・ソリッド要素の肉厚を一定以上に保持する機能

我々はこれらの機能を総称して形状変動制限機能と呼んでいる。解析者は、形状変動制限機能に加えて通常の拘束条件（SPC, MPC）を自由に組み合わせることで、所望の製造条件、設計領域等を考慮した形状最適化解析が行えるようになっている。例えば、図2に示す補強リブの形状最適化では、鋳造等の製造性を考慮すると型抜き可能な形状であることが必須となる。また、鋳造時の湯流れを考慮すると、肉厚の最小値にも制限を加える必要がある。図2(c)に示す形状は、型抜き可能な形状で最小肉厚を初期形状と同一に制限した上で、複数の荷重ケースに対する剛性を初期形状と同一に保った状態で質量最小化を行った場合の解析結果である。

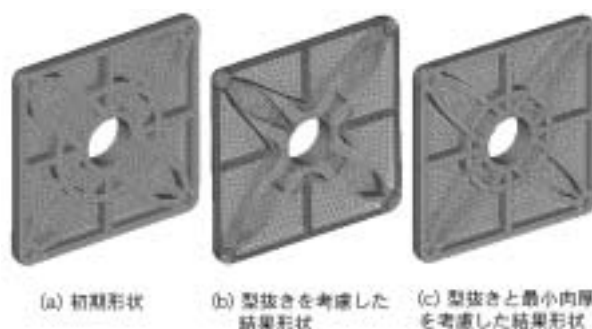


図2 補強リブの形状最適化

シェル要素によって構成された矩形断面フレームの形状最適化解析の例を図3に示す。図3(b)の結果形状は複雑に見えるが、各部材の断面は製造性を考慮して完全な長方形を維持している。シェル要素に対する手法の適用が実用化したのは、昨年末にリリースされた OPTISHAPE-TS 2005 からである。シェル要素への適用が実用化されたことにより、自動車業界を中心として手法の利用頻度がさらに高まるものと考えている。

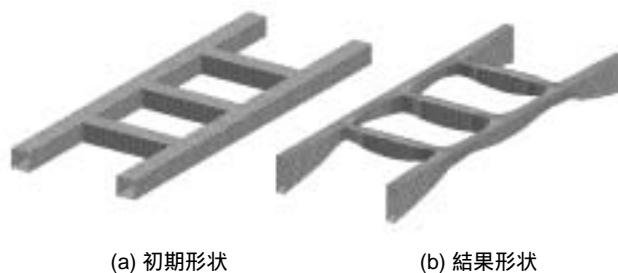


図3 矩形断面フレームの形状最適化

4. まとめ

位相 / 形状最適化について、弊社の製品 OPTISHAPE-TS を中心に紹介した。エンジニアリングソフトウェアは優れた基本理論に加え、実装する時に様々な工夫が加えられて製品になる。実際の現場で使われるようになるまでには、個々の細かな要因にも対処が求められる。今後も OPTISHAPE-TS は現場において成果を出すことを最重要視して開発を進めていきたいと考えている。

この記事が出る頃には、大幅な機能強化を果たした新バージョン OPTISHAPE-TS 2006 が配布されているだろう。毎年階段を一段づつ着実に上ることがこのソフトに課された使命と受けとめ、努力を重ねたい。

参考文献

- (1) Bendsoe, M. P. & Kikuchi, N. : Generating optimal topologies in optimal design using a homogenization method. *Comp. Meth. Appl. Mech. Eng.* 71 (1988) , pp.197-224
- (2) 石井恵三、青村 茂 : 等断面を有する構造物の位相最適化、*機論* 68-675, A (2002) , pp.1658-1665.
- (3) 畔上秀幸 : 領域最適化問題の一解法 *機論* 60-574, A (1994) , pp.1479-1486.
- (4) 竹内謙善 : 手法における形状変動制限手法の開発、第6回最適化シンポジウム講演論文集, pp.185-190, 2004.



最適化設計はここまできた！ ～ターボ機械最適化設計システム FINE/Design3D とノンパラメトリック構造最適化システム TOSCA～

澤 芳幸（左）株式会社ヴァイナス CFD 技術部
森田真児（右）株式会社ヴァイナス CAE 技術部

1. はじめに

現在、自動車、重工業、航空機、家電、船舶、流体機械などの分野で、コンピュータシミュレーションによる構造解析・流体解析を用いた設計手法が確立されています。シミュレーション技術は、従来は実験でしか評価し得なかった設計プロセスを変え、設計サイクルタイムの短縮化とフロントローディングによる後追い業務の削減に寄与しています。

一方、長年設計に携わってきたエキスパートのノウハウも必要不可欠です。経験と勘からハンマーひとつで性能をアップさせる、図面を見ただけで改良ポイントを特定できるという技術は設計現場を支えてきましたが、技術者の高齢化と若手技術者への継承という問題に直面しています。

しかし、他社との競争に打ち勝つため、競合メーカを大きく引き離すためには、全く違うアプローチにより、これまで考えもつかなかった斬新な製品を開発する必要があります。これを実現するため、コンピュータシミュレーションによりある特定のモデルに対する性能評価を行うだけではなく、設計がまだ生煮え段階にあるコンセプトステージからシミュレーションを駆使する最適化技術が開発され、まったく新しい最適設計フローが確立されています。

ここでは、パラメトリックにターボ機械全般の翼形状や流路形状を流体解析によって最適化する FINE/Design3D、そしてノンパラメトリックアプローチでコンセプトデザイン段階から設計支援を行う TOSCA の概要をご紹介します。

2. ターボ機械最適化設計システム FINE/Design3D

FINE/Design3D は、ターボ機械専用の翼・子午面形状最適化設計システムです。開発においては、日米欧のターボ機械トップメーカが参加したコンソーシアムが組織され、設計現場でのノウハウなどを最大限に導入したシステムとなっています。図1に FINE/Design3D での最適化設計フローを示します。

パラメトリックに最適化設計を行うには、言うまでもなく設計変数を設定する必要があります。CFD による翼最適化設計では計算に用いる格子点が翼形状を表現していますので、これを設計変数とすることは技術的には可能ですが、一般的に翼表面の格子点は数万点存在し、これらを直接操作することは現実的ではありません。FINE/Design3D では、この問題を解決するために設計支援システムとしては AutoBlade を標準搭載しています。このシステムは、翼形状・子午面形状をベジェ曲線やスプライン曲線で作成し、最適化設計での形状パラメータを自動作成するものです。これによって、曲線を表現するコントロールポイントを設計変数として用いること

ができるため、翼形状は最小限のパラメータで、常に滑らかな形状で表現することができます。また、CAD データから最適化設計を行う場合には、Fitting Module を用いてジオメトリを AutoBlade で設定したパラメータに自動適合させる機能も併せもっています。

最適化アルゴリズムではターボ機械設計を主眼に置き、勾配法・焼きなまし法・遺伝的アルゴリズムの3手法が採用されています。最適化設計では、初期形状に対して実行された CFD 解析の結果を基に目的関数を設定し、AutoBlade で設定された形状定義パラメータを操作することによって構築されるデータベースからニューラルネットワークを介して翼形状と子午面形状が決定されます。

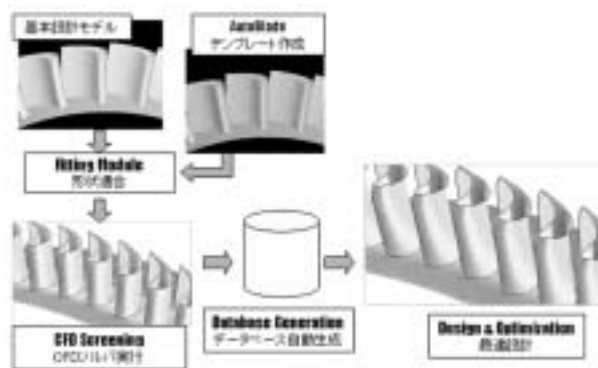


図1 FINE/Design3D の設計フロー

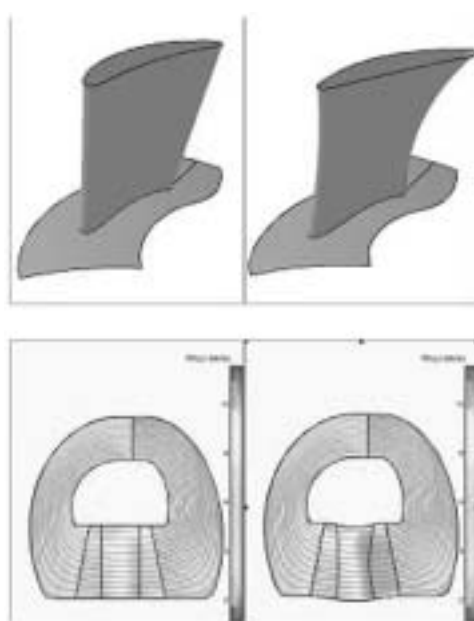


図2 FINE/Design3D によるトルクコンバータ最適化例
(左：オリジナル・右：最適化設計後)

データベースの構築などの際に使用されるCFDソルバにはFINE/Turboがシームレスに使用できるほか、自社ソルバなどの組み込みも可能です。

図2は自動車用トルクコンバータのステータ翼とコア・シエル形状に対して最適化設計を行った例です。速度比0.8において、ポンプのトルク値を現状の5%以内に抑えたいうえでトルク比を最大とする最適化条件を与えています。この結果、図2に示すように、ステータ翼と流路を3次元的に大幅に変更したうえでトルク比を0.4%向上できています。なお、この最適化に伴いポンプ翼での剥離が増大しており、総合的に性能向上を検討するためには、異なる速度比においてポンプ、タービン、ステータ各翼素に対しても最適化設計を行う必要があると考えられます。

3. ノンパラメトリック構造最適化システム TOSCA

TOSCAは、ドイツFE-Design社で開発されたノンパラメトリック構造最適設計システムです。本システムは大きく位相最適化・形状最適化・ビード最適化の3モジュールとオプションモジュールで構成されています。今回はデザインコンセプト段階でエンジニアのコンセプト設計を強力に支援する位相最適化モジュールについて述べます。

位相最適化とはあたえられた最大設計空間から製品及び部品コンセプトデザイン案を導き出すことに活用されます。この最適化計算には汎用構造解析システム(CAE)の結果を使いその製品に与えられる荷重条件・拘束条件から最も軽量でかつ剛性の高い構造を導き出します。

欧州自動車メーカーでの自動車のホワイトボディーのメンバー構造設計の事例を紹介します。従来の開発手法ではドラフト構想構造をCAD化した後、すなわち非常に後の段階でしかCAE検証を行いませんでした。そもそも現在のCADシステムを自動車開発の初期段階にボディー形状を作成すること自体が適切ではないという判断ができます。そこで非常に重要な決定をCAEによる評価結果から行うためには別のアプローチが必要になってきます。ホワイトボディーメンバー構造を決定するためのロードパス解析を図3の手法で実行するようになりました。1)自動車のパッケージングスペース(左上図basic solid)を定義する。2)要求仕様から機能スペース(右上図functional space)を定義する。3)デザインスペース(basic solidからfunctional solidを引き算)を定義する。4)デザインスペースにソリッド要素を作成し、ロードパス解析用境界条件をすべて適用する。5)TOSCAにより位相最適化のための定義を行い計算実行。6)結果として図4のメンバー形状を得る。

この結果を実際のホワイトボディー設計に活用する。この解析には非常に時間を費やす衝突解析の荷重を線形化し静解析で代用できるノウハウが必要です。しかしほとんどの欧州自動車メーカーではこのノウハウをすでに確立しています。これにより劇的なほどの短時間でホワイトボディーのメンバーコンセプト構造が完成します。

<ノンパラメトリックコンセプトデザインのポイント>

- ・コンセプト段階で信頼性ある既存CAE技術を活用できる

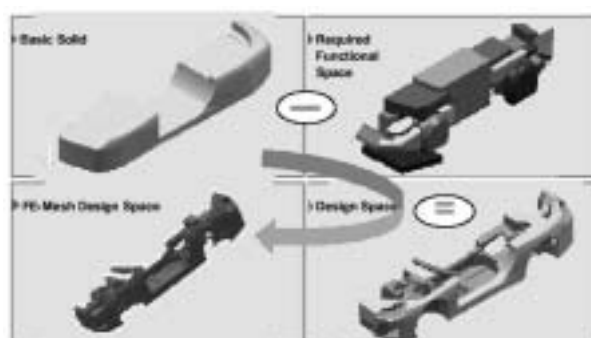


図3 ロードパス解析の準備フロー



図4 メンバーコンセプト構造 (位相最適化結果)

- ・短時間で多くの最適化構造の可能性を追求できる

欧州自動車業界は一早く活用効果を理解しこの最適化設計手法を実用化し、開発プロセスに定着させております。日本の自動車業界は世界的にみても先進的な生産技術をもっています。すなわちコンセプト段階からデザイン・設計・生産技術・解析のエキスパートがコラボレートすることで欧州自動車メーカーにひけをとらない最適設計プロセスが近い将来確立されるでしょう。

4. おわりに

設計最適化という言葉はずいぶん古くから存在し、製造業で活躍されているエンジニアの方々は製品開発においてつねに最適設計を意識していると思います。しかし、実際の設計プロセスの中で実行できているのでしょうか？ 今回ご紹介させていただいたツールは、設計分野を限定して開発され、その範囲で最大の効果を発揮する、言わば「最適化された最適化設計システム」で、必ずその分野での設計者を支援できると確信しています。これらのツールが設計の方々の最適化設計への一歩を後押しできればと願っております。



部門からのお知らせ



計算力学技術者（2級）（固体力学分野の有限要素法解析技術者）認定試験対策講習会の実施について

長嶋利夫

計算力学技術者認定支援委員会幹事 / 上智大学 理工学部

2003年度より本会工学教育センターによる「計算力学技術者」認定事業がスタートし、この間に多くの方々が認定試験を受験し合格者も現われました。また本年度からは、従来の固体力学分野の有限要素法解析技術者を対象とした1級及び2級試験に加え、新たに熱流体力学分野の解析技術者を対象とした2級試験も実施されることが決まり、（詳細については会誌7月号会告pp.71-73および<http://www.jsme.or.jp/cee/05cmnintei.htm>参照）年々、社会的に認知されつつある事業に拡大発展しております。

そこでこのたび、この事業の拡充の一環として、昨年度まで試験前日に工学教育センター主催で実施していた「計算力学技術者（2級）（固体力学分野の有限要素法解析技術者）」の付帯講習（知識編）を、今年度より本部門が「認定試験対策講習会」として主催することとなりました（委細については会誌7月号会告p.74および<http://www.jsme.or.jp/cee/CEE05bumonkoushuu.htm>参照）。

このような措置に至った経緯は、まず、今後の本認定の標準化を想定した場合、認定試験と講習会の主催を分離した方が公正性

の点から望ましいこと。また、試験直前ではない時期に講習会を開催することにより、受験者にとって計画的な学習準備が可能となると考えられるからです。さらに、本部門が主体となって講習会を開催、運営することによって部門の活性化も一層期待できます。前述のとおり今年度からは固体分野以外の認定も開始しますので、それに連動する形で今後は部門が主催する講習会をますます充実させていく予定です。

さて、本講習会は、計算力学技術者（2級）（固体力学分野の有限要素法解析技術者）認定試験受験者を対象とし、単なる標準問題集の解説ではなく、有限要素法による線形弾性解析の基本的な知識と試験で要求される水準について講義します。また開催日は12月17日（土）の認定試験日より1ヶ月前の11月に全国4つの地区（関東地区（11月11日（金））、東海地区（11月18日（金））、関西地区、九州地区（11月25日（金）））で実施いたします。認定試験の受験を考えていらっしゃる方、あるいはこれから計算力学技術者を目指す方は、ぜひ奮ってご参加ください。



第18回計算力学講演会のご案内

阿部 豊

2005年計算力学講演会担当委員長 / 筑波大学

開催日 2005年11月19日（土）～21日（月）

会場 筑波大学春日キャンパス（つくば市春日1-2）
（つくばエクスプレस्तつくば駅より徒歩10分）

講演プログラム、会場へのアクセス方法、宿泊等の最新情報は下記のホームページで公開しています。定期的にご確認をお願いいたします。

講演会ホームページ：

<http://www.jsme.or.jp/cmd/cmc2005/>

講演・討論時間

一般講演：15分（講演10分、討論5分）

特別講演I

日時 11月19日（土）13:00～14:00

場所 筑波大学図書館情報専門学群講堂

講演題目 運動が脳機能に及ぼす影響

講師 西平賀昭（筑波大学大学院人間総合科学研究科教授）

特別講演II

日時 11月20日（日）13:00～14:00

場所 筑波大学図書館情報専門学群講堂

講演題目 Multiscale Coupling Methods for Nanoscale Mechanics

and Material Design

講師 Prof. Wing Kam Liu (Walter P. Murphy Professor, Dept. of Mechanical Engineering, Northwestern Univ.)

産学官シンポジウム（話題提供件数、講師、日時、場所）

F-SGK ものづくりとCAE（5件）

藤本隆宏（東京大学ものづくり経営研究センターセンター長）他

11月20日（日）14:15～17:15 第4室

部門特別講演

日時 11月20日（日）9:00～10:00

場所 第2室

講演題目 Computations of the Dynamics of Heterogeneous Continuum Systems

講師 Prof. Gretar Tryggvason (Worcester Polytechnic Institute)

フォーラム（話題提供件数、企画者、日時、場所）

F-1 電磁流体解析関連技術（8件）

金山寛（九大）

11月20日（日）14:15～17:15 第3室

F-2 地球シミュレータおける最適化およびハイエンドシミュレーション（5件）

奥田洋司（東大）

- 11月19日(土) 14:15 ~ 17:15 第4室
F-3 界面流体力学の新展開(9件)
河村洋(東理大)
- 11月19日(土) 14:15 ~ 17:00 第12室
F-4 産業用プラズマのモデリング(5件)
南部健一(東北大)
11月20日(日) 9:15 ~ 11:30 第4室
- オーガナイズドセッション(講演件数、オーガナイザ、日時、場所)
- OS-1 流体の数値計算法の新しい展開(4件)
登坂宣好(日大) 近藤典夫(日大)
11月19日(土) 14:15 ~ 17:00 第11室
- OS-2 電子デバイス実装・電子材料と計算力学(12件)
宮崎則幸(京大) 于強(横国大)
11月19日(土) 9:15 ~ 15:30 第1室
- OS-3 逆問題解析手法の開発と最新応用(13件)
田中正隆(信州大) 久保司郎(阪大) 井上裕嗣(東工大)
11月19日(土) 9:00 ~ 15:30 第9室
- OS-4 境界要素法の最新応用とその周辺技術(14件)
田中正隆(信州大) 松本敏郎(名大) 天谷賢治(東工大)
11月19日(土) 15:45 ~ 17:00 第9室
11月20日(日) 9:00 ~ 11:30 第9室
- OS-5 材料の塑性挙動の構成式のモデル化とシミュレーション(10件)
渡部修(筑波大) 今谷勝次(京大) 長岐滋(東農工大) 山田貴博(横国大)
11月21日(月) 8:45 ~ 11:30 第10室
- OS-6 次世代CAD/CAE(20件)
萩原一郎(東工大) 秋葉博(アライドエンジニアリング) 吉田康彦(サイテック) 田辺誠(神奈川工大)
11月19日(土) 9:15 ~ 17:45 第7室
- OS-7 大規模連成解析と関連話題(9件)
金山寛(九大) 塩谷隆二(九大)
11月20日(日) 9:00 ~ 11:30 第8室
- OS-8 界面と接着・接合の力学(14件)
池田徹(京大) 古口日出男(長岡技科大)
11月19日(土) 9:00 ~ 15:30 第5室
- OS-9 メッシュフリー/粒子法(29件)
野口裕久(慶大) 越塚誠一(東大) 萩原世也(佐賀大)
11月19日(土) 10:30 ~ 16:45 第11室
11月20日(日) 9:00 ~ 16:30 第11室
- OS-10 マクロ・メゾ・マイクロ・ナノスケールを繋げるマルチスケール計算力学(12件)
岡田裕(鹿児島大) 大野信忠(名大)
11月19日(土) 14:15 ~ 17:45 第10室
- OS-11 衝撃・崩壊問題(10件)
磯部大吾郎(筑波大) 鈴木弘之(筑波大)
11月19日(土) 14:15 ~ 17:00 第8室
- OS-12 材料の組織・強度に関するマルチスケールアナリシス(23件)
仲町英治(阪工大) 大橋鉄也(北見工大) 中曽根祐司(東理大) 志澤一之(慶大)
11月19日(土) 9:15 ~ 18:00 第6室
11月20日(日) 9:15 ~ 10:15 第6室
- OS-13 ポリマの変形と破壊に関するモデリングとシミュレーション(13件)
志澤一之(慶大) 黒田充紀(山形大) 佐野村幸夫(玉川大) 富田佳宏(神戸大)
- OS-14 11月20日(日) 10:30 ~ 16:45 第6室
電子・原子・マルチシミュレーションに基づく材料特性評価(25件)
渋谷陽二(阪大) 北村隆行(京大) 東健司(阪府大)
11月19日(土) 15:45 ~ 17:00 第5室
11月20日(日) 8:45 ~ 17:15 第5室
- OS-15 多様なスケールにおける相変態および形態形成解析(15件)
岩本剛(広島大) 上原拓也(名大) 高木知弘(神戸大) 西村文仁(岩手大)
11月21日(月) 9:00 ~ 15:15 第31室
- OS-16 CGと計算力学(6件)
青木尊之(東工大) 白山晋(東大) 鈴木克幸(東大)
11月21日(月) 9:00 ~ 11:00 第8室
- OS-17 信頼性・リスク管理(6件)
佐藤尚次(中央大)
11月19日(土) 9:30 ~ 11:30 第8室
- OS-18 交通施設と計算力学(7件)
松井邦人(電機大) 董勤喜(中央大)
11月21日(月) 9:00 ~ 11:15 第12室
- OS-19 計算力学と最適化(21件)
轟章(東工大) 山崎光悦(金沢大) 大林茂(東北大)
11月20日(日) 9:15 ~ 17:15 第10室
- OS-20 流体構造連成解析(13件)
久田俊明(東大)
11月19日(土) 15:45 ~ 17:00 第1室
11月20日(日) 9:00 ~ 11:30 第1室
- OS-21 計算バイオメカニクスとその応用(バイオエンジニアリング部門との合同企画)(15件)
坂本二郎(金沢大) 渡部正夫(九大) 坪田健一(東北大)
11月19日(土) 8:45 ~ 15:30 第3室
- OS-22 インパクトバイオメカニクスシミュレーション(バイオエンジニアリング部門との合同企画)(5件)
西本哲也(日大) 江島晋(自動車研) 坂本二郎(金沢大)
11月19日(土) 15:45 ~ 17:00 第3室
- OS-24 社会・環境シミュレーション(15件)
吉村忍(東大)
11月20日(日) 9:15 ~ 16:45 第7室
- OS-25 混相流および界面挙動の数値解析(9件)
湊明彦(日立) 渡辺正(原研)
11月21日(月) 9:00 ~ 11:30 第9室
- OS-26 CIP法および多相流解析技術の最近の進展(10件)
矢部孝(東工大) 田中伸厚(茨城大) 内海隆行(山口東理大)
11月20日(日) 14:15 ~ 17:00 第2室
- OS-27 ロボットと計算力学(9件)
磯部大吾郎(筑波大) 山海嘉之(筑波大) 野口裕久(慶大)
11月20日(日) 14:15 ~ 17:00 第8室
- OS-28 熱流体の分子シミュレーション(7件)
泰岡顕治(慶大) 長山暁子(九工大)
11月19日(土) 9:15 ~ 11:30 第2室
- OS-29 生体高分子の動力学シミュレーション(9件)
川野聡恭(東北大) 高木周(東大) 安達泰治(京大)
11月20日(日) 8:45 ~ 11:30 第3室
- OS-30 格子ボルツマン・ガス法(11件)
高田尚樹(産総研) 瀬田剛(富山大) 松隈洋介(九

大)
 11月20日(日) 14:15 ~ 17:30 第1室
 OS-31 CFDの工学的応用(15件)
 梶島岳夫(阪大) 山本悟(東北大) 古川雅人(九大)
 11月19日(土) 14:15 ~ 17:15 第2室
 11月20日(日) 10:00 ~ 11:30 第2室

一般セッション

GS-A 製造関連解析技術(10件)
 11月20日(日) 14:15 ~ 17:30 第9室
 11月21日(月) 9:00 ~ 10:15 第7室
 GS-B 材料の変形(5件)
 11月20日(日) 15:45 ~ 17:15 第9室
 GS-C 解析手法(4件)
 11月19日(土) 9:15 ~ 10:15 第10室
 GS-D 行列計算(4件)
 11月19日(土) 10:30 ~ 11:30 第10室

ビジュアルゼーション・コンテスト作品展示(31件)

展示期間:平成17年11月19日(土) 9:00 ~ 17:00
 20日(日) 9:00 ~ 17:00
 特別講演:河口洋一郎(東大)「生き物のように反応する濃密なCG生命体」
 (11月20日(日) 14:20 ~ 15:20)
 場 所:筑波大学春日キャンパス情報メディアユニオン
 (展示:1階、講演:2階)

部門賞授賞式および懇親会

日 時 11月20日(日) 18:00 ~ 20:30
 場 所 ホテルグランド東雲(つくば市小野崎488-1)
 (講演会の参加登録者は無料です)

つくばサイエンスツアー
 日 時 11月21日(月) 12:30 ~ 16:30
 (つくばエクスプレスつくば駅にて解散)
 筑波研究学園都市内の産業技術総合研究所、JAXA 筑波宇宙センター、物質・材料研究機構を見学するバスツアーです。参加希望者は事前に講演会ホームページを見て申し込みください。定員になり次第、締切ります。(講演会の参加登録者に限る。参加費無料、定員40名)

参加登録

参加登録の手続きは当日受付で行います。下記の登録料を現金でお支払いください。

会員(正・准員) 10,000円、 学生員 2,000円
 会員外 15,000円、 会員外学生 3,000円
 ただし、会員・会員外の登録者には講演論文集をお配りいたしますが、学生員・会員外学生の登録者には別売りとなります。

講演論文集

複数冊の講演論文集をご入用の方および学生員・会員外学生の登録者で希望される方には受付で販売いたします。

登録者特価 5,000円

講演会に参加されない方で講演論文集をご希望の方は、申込書を<http://www.jsme.or.jp/gyosan0.htm>からダウンロードし、必要事項を記入して、代金を添えてお申し込み下さい。講演会終了後に発送いたします。

会員特価 5,000円、会員外 8,000円

なお、本講演会終了後は講演論文集の販売はいたしません。入手ご希望の方は講演会にご参加いただくか、または開催前に予約申込みをして下さい。

講演会に関する問い合わせ先

日本機械学会計算力学部門担当 曾根原雅代
 Tel : 03-5360-3502/Fax : 03-5360-3508
 Email : sonehara@jsme.or.jp



第19回計算力学講演会のご案内

畔上秀幸
 2006年計算力学講演会担当委員会委員長
 名古屋大学大学院 情報科学研究科 複雑系科学専攻

開催日: 2006年11月3日(金)-5日(日)
 会 場: 名古屋大学IB電子情報館
 (名古屋市千種区不老町1)

第18回の開催地、つくばの後を引き継ぎまして第19回計算力学講演会は名古屋で開催されることになりました。会場となります名古屋大学は名古屋市の郊外に位置しますが、会場は地下鉄の駅に直結したアクセスに大変便利な場所にあります。皆様のご参加を心よりお待ちしております。

講演会の準備につきましては、9月に第1回実行委員会が開催され、実施案についての検討を行いました。計算力学部門の将来を担う若い学生や研究者の皆さんが参加してよかったですと思っただけのような講演会になるよう努力することを申し合わせました。今後、会員の皆様からはオーガナイズドセッションやフォーラムなどの企画を募集して参りますが、できれば初心者向けのチュートリアルなど幅広いご提案をい

ただければ大歓迎いたします。どうぞ皆様の積極的なご協力をお願い申し上げます。

連絡先:
 (委員長) 畔上秀幸
 名古屋大学大学院情報科学研究科複雑系科学専攻
 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町
 TEL&FAX: 052-789-4801
 E-mail: azegami@is.nagoya-u.ac.jp
 (幹事) 北 栄輔
 名古屋大学大学院情報科学研究科複雑系科学専攻
 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町
 TEL&FAX: 052-789-3521
 E-mail: kita@is.nagoya-u.ac.jp



2006 年度年次大会の部門企画について

岡田 裕

2006 年年次大会担当委員会委員長

鹿児島大学大学院 理工学研究科 ナノ構造先端材料工学専攻

2006 年 9 月 18 日（月）～ 22 日（金）までの 5 日間（ただし、18 日（月）は市民開放行事、22 日（金）は見学会を予定）にわたり熊本大学（熊本市黒髪）を会場として 2006 年度日本機械学会年次大会が開催されます。既にメーリングリスト等でお問い合わせをしておりましたが、現在（9 月 20 日）までに 12 件の OS 企画が決定しております。OS 企画に加え、計算力学部門の特別行事企画として、「先端技術フォーラム」、「ワークショップ」、「新技術開発リポート」も予定しております。現在、それらについてはメーリングリストにより部門登録者の皆様に企画のご提案をお願いしているところです。12 月さらに、2005 年度年次大会と同様に部門同好会を企画しております。参加者の皆様が他部門の同好会と行き来できるような形式で行いたく計画を進めております。是非、熊本でお会いしましょう。

OS 企画一覧（9 月 20 日現在）：

1. 逆問題解析手法の開発と最新応用、田中正隆（信州大学）、久保司郎（大阪大学）、井上裕嗣（東工大）
2. 次世代 CAD/CAE/CG、萩原一郎（東工大）、田辺誠（神奈川工科大学）、秋葉博（アライドエンジニアリング）、吉田康彦（サイテック）
3. 材料の塑性挙動の構成式のモデル化とシミュレーション、山田貴博（横浜国立大学）、今谷勝次（京都大学）、長岐滋（東京農工大学）、渡部修（筑波大学）
4. FEM/メッシュフリー法/粒子法と関連技術、野口裕久（慶應義塾大学）、越塚誠一（東京大学）、長嶋利夫（上智大学）、萩原世也（佐賀大学）
5. 水素利用社会を睨んだシミュレーション技術、金山寛（九州大学）
6. 感性領域のデジタル技術、萩原一郎（東工大）、松岡由幸（慶應義塾大学）、高田一（横浜国立大学）
7. CIP 法の新展開と保存形、肖 鋒（東工大）、青木尊之（東工大）

8. 材料や構造の破壊 / 損傷 / マルチスケール解析（合同企画：材料力学部門）、岡田 裕（鹿児島大学）、菊池 正紀（東京理科大学）
 9. 流体情報学と発見科学（合同企画：流体工学部門）、大林 茂（東北大学）、渡辺 崇（名古屋大学）、白山 晋（東京大学）
 10. 熱流体輸送および反応流の実験的及び数値的解析（合同企画：熱工学部門、流体工学部門）、鳥居 修一（熊本大学）、大島伸行（北海道大学）、吉川浩行（熊本大学）
 11. 解析・設計の高度化・最適化（合同企画：設計工学・システム部門）、山崎光悦（金沢大学）、西脇 真二（京都大学）、大林 茂（東北大学）、多田 幸生（神戸大学）、轟 章（東工大）、荒川 雅生（香川大学）
 12. 電子情報機器、電子デバイスの熱制御と強度・信頼性評価（合同企画：材料力学部門、熱工学部門、情報知能精密機器部門）、三浦 英生（東北大学）、石塚 勝（富山県立大学）、干 強（横浜国立大学）、吉田 和司（日立製作所）
 13. 締結・接合の力学とプロセス（合同企画：機械材料・材料加工部門、材料力学部門）、服部敏雄（岐阜大学）、宮下 幸雄（長岡技科大）、荒居善雄（埼玉大学）、佐藤千明（東工大）
 14. マルチボディダイナミクスの新展開（合同企画：機械力学・計測制御部門）、雫本信哉（九州大学）、萩原一郎（東工大）
- なお、「先端技術フォーラム」、「ワークショップ」、「新技術開発リポート」企画のご提案は 12 月 9 日（金）までとさせていただきます。下記の申込・問合せ先までご連絡下さい。

< 申込・問合せ先 >

岡田 裕（鹿児島大学大学院理工学研究科ナノ構造先端材料工学専攻）

電話 / ファックス：099-285-8249 / 099-250-3181

電子メール：okada@mech.kagoshima-u.ac.jp

書評



エクセルとマウスでできる熱流体のシミュレーション

CD-ROM 付

岩井裕、大村高弘、小林健一、富村寿夫、羽田光明、平澤茂樹、吉田英生 共編

丸善 2005 年 3 月発行、156 頁 / 税込 3,990 円（ISBN4-621-07504-7）

吉野正人

信州大学 工学部 機械システム工学科

本書は、著者らがこれまでに開発した Excel による数値解析法ならびに具体的な伝熱問題への適用例を集大成したものであり、また、各例題の説明と使用方法が収録された CD-ROM

が添付されている。熱流体解析というと、通常は BASIC、FORTRAN、C などのプログラミング言語を使ってプログラミングを行い、デバッグを何度も繰り返してコーディングが完

了する。さらに、そのコードを用いて得られた計算結果は、そのままでは単なる数値の並びでしかないため、通常は別途用意したグラフィックソフトの助けを借りて図示し、ようやく対象とする現象の全体像が把握できるということになる。そのため、各ソフトウェア間においては、入出力データの形式の違いに対する配慮も場合によっては必要となる。このように、熱流体のシミュレーションを初めて学ぼうとする方々にとっては、上述のような作業が煩わしいと感じることであろう。

これに対し、本書は、条件の入力から実際の数値計算、および結果の可視化までをお馴染みの「Excel」という単一のソフトウェアを用いて行おうというものであり、また、マウスを中心とした操作法の手軽さという理由からも、初心者にとっては取っ付きやすい書物と言える。もちろん、複雑な問題を扱うには限界があるが、基本的な事項を学習したいという目的であれば、質および量の観点からもほぼ十分な内容であると考えられる。

本書の構成は、次のようになっている。まず、第1章「Excelと数値シミュレーション」の序論に続き、第2章「基礎編」では、Excelの基礎的な操作法および伝熱解析の基礎知

識が記述されている。また、第3章「Excelによるビジュアルなプログラミング」では、「アイコン化セル」と呼ばれるテンプレートに（初期条件や境界条件などの）必要最低限のデータを入力し、あとはマウスに基づくExcel特有の操作法を用いて数値計算を行い、得られた結果を可視化するまでの一連の動きを詳しく解説している。さらに、第4章「応用編」では、身近な物理現象に基づくExcel解析の応用事例が記載されている。その中には、「ゆで卵の伝熱現象」や「ホットプレートの温度制御」などユニークな題材も含まれており、読者の興味を誘うように工夫された内容と言える。

ただ、種々の制約があったためと考えられるが、「熱流体のシミュレーション」とは言うものの、実際には伝熱（あるいは、方程式の類似性から物質移動も含む）関連の問題が多く、流れ解析についての記述が少なく感じられる。また、第2章のExcelの操作法に関する部分の記述がやや煩雑でわかりにくく、もう少し簡潔に書かれていればなお良かったのにとと思われる。とはいえ、これから熱流体のシミュレーションを実際に視覚的に学ぼうとする学生、研究者、技術者にとっては、その助けとなる一冊と言えるだろう。

書評



先進複合材料工学

邊吾一、石川隆司 共編

培風館 2005年5月発行、B5判、240P./ 定価3990円 (ISBN 4-563-06750-4)

尾田 十八

金沢大学大学院 自然科学研究科

本書は日本複合材料学会の30周年記念事業の一つとして、また同学会に設置された「先進複合材料データベース構築に関する調査委員会」の活動の一環としてまとめられたものである。その章構成は16からなり、次のとおりである。

1. 一方向強化材の特性の算出方法
2. 直交異方性の力学
3. 積層材・サンドイッチおよび織物構造
4. 複合材料への破壊力学の適用
5. 熱応力とトランスバースクラック
6. 接着・接合の化学
7. 接着・接合の力学
8. 複合材構造の座屈
9. 複合材の有限要素解析
10. ダメージトランス
11. 実際の複合材構造設計における注意点
12. 航空機・ロケット構造への適用の事例
13. 複合材の非破壊検査
14. 航空機用複合材の試験指針と試験法
15. エンジン関連の複合構造の特徴
16. 人工衛星の複合材構造

以上の構成は、複合材料の基本理論から最先端技術に至るまで含まれており、それらが現在活躍されているこの分野の著名な14名の研究者の方々により執筆されている。このようなことから、本書は大学院初級ないしはメーカー初級の技術者の良き教科書や参考書になるものと思われる。また本書には「先進複合材料データベース構築に関する調査研究委員会」によってまとめられた膨大な設計の実用的データがCD-ROMとして添付されている。



部門役員名簿

部門長	富田佳宏	神戸大学		
副部門長	三木光範	同志社大学	計算力学講演会担当委員会 (2005)	
幹事	長嶋利夫	上智大学	[委員長] 阿部 豊	筑波大学
運営委員会委員			[幹事] 手塚 明	(独)産業技術総合研究所
	佐々木一彰	北海道大学	計算力学講演会担当委員会 (2006)	
	大林 茂	東北大学	[委員長] 畔上秀幸	名古屋大学
	尾田十八	金沢大学	[幹事] 北 英輔	名古屋大学
	須賀一彦	(株)豊田中央研究所	表彰担当委員会	
	松本敏郎	名古屋大学	[委員長] 中橋和博	東北大学
	関東康祐	豊橋技術科学大学	[幹事] 磯部大吾郎	筑波大学
	梶島岳夫	大阪大学	計算力学企画・普及委員会	
	松本充弘	京都大学	[委員長] 矢川元基	東洋大学
	小島史男	神戸大学	[幹事] 白鳥正樹	横浜国立大学
	熊本秀喜	川崎重工(株)	将来問題検討委員会	
	石原広一郎	住友金属工業(株)	[委員長] 三木光範	同志社大学
	有光 隆	愛媛大学	[幹事] 高木 周	東京大学
	上西 研	山口大学	計算力学技術者認定支援委員会	
	鳥居修一	熊本大学	[委員長] 富田佳宏	神戸大学
	野口裕久	慶應義塾大学	[幹事] 長嶋利夫	上智大学
	武正文夫	石川島播磨重工業(株)	電子材料・電子・情報機器関連技術委員会	
	山口誉夫	群馬大学	[委員長] 宮崎則幸	京都大学
	鳥垣俊和	日産自動車(株)	[幹事] 于 強	横浜国立大学
	榎本俊治	(独)宇宙航空研究開発機構	最適設計技術委員会	
	佐竹信一	東京理科大学	[委員長] 山崎光悦	金沢大学
	江澤良孝	東洋大学	[幹事] 多田幸生	神戸大学
	高木 周	東京大学	計算力学教育技術委員会	
	斉藤直人	(株)日立製作所	[委員長] 山田貴博	横浜国立大学
	向井 稔	(株)東芝	[幹事] 澁谷忠弘	横浜国立大学
	太田 有	早稲田大学	計算力学の歴史年表編纂技術委員会	
	天谷賢治	東京工業大学	[委員長] 矢部 孝	東京工業大学
	青木尊之	東京工業大学	[幹事] 萩原一郎	東京工業大学
	磯部大吾郎	筑波大学	熱流体関連技術委員会	
	荒井政大	信州大学	[委員長] 大島伸行	北海道大学
	西浦光一	積水化学工業(株)	[幹事] 小尾晋之介	慶應義塾大学
総務委員会			設計工学関連技術委員会	
[委員長]	富田佳宏	神戸大学	[委員長] 萩原一郎	東京工業大学
[幹事]	長嶋利夫	上智大学	[幹事] 松岡由幸	慶應義塾大学
広報委員会			社会・環境シミュレーション技術委員会	
[委員長]	富田佳宏	神戸大学	[委員長] 吉村 忍	東京大学
[幹事]	荒井政大	信州大学	[幹事] 北 英輔	名古屋大学
[幹事]	西浦光一	積水化学工業(株)	英文誌発行準備委員会	
事業企画委員会			[委員長] 三木光範	同志社大学
[委員長]	三木光範	同志社大学	[幹事] 高木 周	東京大学
[幹事]	高木 周	東京大学		
年次大会担当委員会 (2005)			各行事の問合せ、申込先	
[委員長]	青木尊之	東京工業大学	日本機械学会計算力学部門担当 曾根原 雅代	
[幹事]	姫野武洋	東京大学	〒160 - 0016 東京都新宿区信濃町 35 番地 信濃町煉瓦館 5 階	
年次大会担当委員会 (2006)			TEL : 03-5360-3502 / FAX : 03-5360-3508	
[委員長]	岡田 裕	鹿児島大学	E-mail. : sonehara@jsme.or.jp	
[幹事]	萩原世也	佐賀大学		

計算力学部門ニュースレター No.35 : 2005年11月1日発行
 編集責任者 : 広報委員会委員長 富田佳宏
 ニュースレターへのご投稿やお問い合わせは下記の広報委員会幹事までご連絡ください。
 広報委員会 幹事 西浦光一
 積水化学工業株式会社 環境・ライフラインカンパニー 京都研究所 ESSプロジェクト
 〒601-8105 京都市南区上鳥羽上調子町2番地の2
 Tel. 075 (662) 8531 Fax 075 (662) 8586 / E-mail: nishiura001@sekisui.jp